ISSN 0376—477X

中華農業研究

第三十六卷　　第 二 期

目 次

大粒水稻之遺傳研究　Ⅲ．穀產量、生物產量及收穫指數之遺傳……郭益全　劉　清…125

秈稻細胞質雄不稔性恢復基因之遺傳分析……黃真生　曾東海　陳治官…137

雜種水稻的產量與組合力……曾東海　黃真生…151

大豆種子與莢果壁非構造性碳水化合物與氮素含量之變化……王強生　曹紹徽　劉大江…165

雜草社會中物種的分布及再生稻和雜草間的競爭……蕭柊瓊　鄔宏潘…173

加工番石榴整枝方法……王武彰…190

楊桃之品質成分與加工利用之研究……游若荻　王武彰…196

甘藷藤葉濃縮葉蛋白研究……林禮輝　劉慧瑛…207

臺灣野苦瓜簇葉病之擬菌質體病原（英文）……楊一郎　陳脉紀　王雙明…216

胡瓜瓜實蠅之棲群密度與為害關係研究……溫宏治…222

SN72129 汰選小菜蛾抗性及其抗性機制之研究（英文）……鄭　允　高靜華　林端方…228

壹種臺灣新紀錄之根蟎，*Rhizoglyphus setosus* Manson（英文）……何琦琛　陳政雄…237

中華民國七十六年六月

臺灣省農業試驗所出版

中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究

第三十六卷　　第 二 期

中華民國七十六年六月出版

發行人：杜 金 池

總編輯：廖 慶 樑

編輯委員：李　良　沈 再 發　邱 瑞 珍　林 益 昇
連　深　陳 敏 祥　黃 真 生　蔡 新 聲
鄭　允　劉 大 江　蕭 吉 雄　顏 欽 崇
羅 幹 成

出版者：臺灣省農業試驗所

臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號

印刷者：臺灣省政府印刷廠

臺中縣大里鄉中興路一段288號

JOURNAL OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER :

Director, C. C. Tu

EDITOR IN CHIEF :

C. L. Liaw

EDITORS :

M. S. Chen (Cytology)
E. Y. Cheng (Entomology)
S. C. Chiu (Biological Control)
C. H. Hsiao (Horticulture)
C. S. Huang (Crop Breeding)
L. Li (Crop Breeding)
S. Lian (Plant Nutrition)
Y. S. Lin (Plant Pathology)
D. J. Liu (Crop Physiology)
K. C. Lo (Entomology)
T. F. Shen (Vegetable Crop)
H. S. Tsai (Tissue Culture)
C. C. Yen (Agricultural Machinery)

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 36(2)：125～136 (1987)

大粒水稻之遺傳研究

Ⅲ.榖產量、生物產量及收穫指數之遺傳[1]

郭益全　劉清[2]

摘要：以Griffing及Jinks-Hayman氏等兩套全互交分析方法，分析包括親本與正反交組合之9×9全互交材料，以探討水稻單株榖產量、生物產量及收穫指數之遺傳行爲。此三個性狀親本間之遺傳變異均極大，此變異係由累加性與顯性效應所引起，除收穫指數爲累加性效應約等於顯性應外，餘2性狀之顯性效應均顯著地大於累加性效應。三個性狀之一般組合力與特殊組合力效應均存在，而一般組合力又較特殊組合力重要，其比率約爲4：1。被報告三性狀均發現有細胞質效應。經由迴歸與變方分析估得三性狀之顯性程度爲超顯性。正負等位基因在親本間之分佈三性狀均不等。單株榖產量及收穫指數等兩性狀之顯性基因數等於隱性基因數；而生物產量之顯性基因數則多於隱性基因數。經藉迴歸圖析及親本顯性次序判定，指出榖產量少者爲顯性，餘兩性狀之顯性方向爲雙力向。估得三性狀之狹義遺傳率均低。

作物之收穫指數 (harvest index) 有稱轉移係數 (migration coefficient) [29]者，有稱效率係數 (effectiveness coefficient) [26]者，係指具經濟價值的產量 (economic yield) 與生物產量 (biological yield) 之比值[13]。然就禾榖類作物而言，具經濟價值的部位通常指榖粒；而生物產量則僅指地上部藁草與榖粒之總重 (不含根) [13]。一般，老舊之傳統品種均呈莖粗、葉大而下垂、穗少或小，生物產量雖高，但收穫指數則甚低；近代之改良品種則短稈、葉片狹而直立、穗多，生物產量雖不見得比傳統品種高，但收穫指數則均遠高於傳統品種[5,13]。研究報告指出，在許多禾榖類作物品種比較試驗中，均發現收穫指數與榖產量呈正相關[5,28]；而榖產量 (經濟產量) 與植株乾重 (生物產量) 間雖爲正相關，但相關係數往往甚低而未具統計意義。故有人推斷作物栽培品種經濟產量之高低主要依各該作物光合作用淨乾物產量 (即生物產量) 之分配率 (即收穫指數) 而定。亦即高產品種並非具有較強之光合能力及較高之淨光合產物，而是該品種能將所獲之淨光合產物充分地轉分配到具經濟價值之植物體部份[21]。因此Nicoporvic[25]認爲收穫指數就某種角度言，可爲作物生物效率之有效指標。故而，能有效地將植株同化產物轉移至榖粒，而甚少殘積在藁草部份之理想株型，即高收穫指數者，應是育種家所追求之目標。而Donald and Hamblin[13]之歸納論證，建議生物產量及收穫指數爲禾榖類作物育種選拔之兩個簡單而有效之選拔指標。郭[1]探討水稻臺農67號之產量潛能，建議豐產稉稻之選拔目標初步應著重在生物產量較重及一株穗數較多之重點上，而後吾人再從中選取高收穫指數之單株。實際之例證發現，近年來育成水稻、小麥及大麥等作物新品種之乾物質之配置情形與傳統品種不同，更佐以重氮肥之施用及病蟲害之有效防治，使許多新育成之禾榖類作物之收穗指數大幅提高[5]。亦即由此理論與實際文獻之論定可知，生物產量及收穫指數是禾榖類作物豐產育種之兩個重要選拔指標。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1331號。
2.臺灣省農業試驗所農藝系助理研究員及前研究員 (現臺灣大學教授)。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

在臺灣，水稻大粒種源之利用被認爲提高現階段稻作單位面積產量之可能方法之一[30,31]。但現存水稻大粒種源往往集團乾物質產量較少[11,31]，其或爲一穗穎花數少[11,1819,31]、或屬穗數少[11,31]、或係植株高大易倒伏[14,19]，很難直接利用。爲提供水稻大粒品種選育之基礎遺傳知識，乃進行本項研究。前文[2,3]已陸續報導抽穗期、株高、每株穗數、一穗穎花數及穀粒性狀之遺傳行爲，本文則報告單株穀產量、生物產量及收穫指數之遺傳。

材料與方法

全互交親本計有越光、豐錦、臺農67號、臺中65號、GP199、Pegonil、Khaokhaonio、Pb及Nakkhaongo等 9 個水稻品種。其包括正反交之72個F_1組合及 9 個親本於1984年一期作被培植於本所萬豐試驗農場。田間規劃係採用逢機完全區集（RCBD），2 重覆。每小試區插植 5 行，每行12株，單本植。行株距25×25cm。肥料用量 N-P_2O_5-K_2O 依次爲 80-40-50kg/ha。詳細之收穫、調製及調查方法詳述於前報[2]。9 個全互交親本於 1984 年一期作之單株穀產量、生物產量及收穫指數之表現示於表 1。又本文所稱單株穀產量係試區平均單株穀產量之謂。

Table 1. Mean values of grain yield, biological yield and harvest index of nine parental cultivars of rice

Rerents	Grain yield (g)	Biological yield (g)	Harvest index (%)
Koshihikari	22.60	46.97	48.00
Toyonishiki	23.46	42.28	55.50
Tainung No. 67	25.83	51.71	49.95
Taichung No. 65	24.95	51.69	48.26
GP 199	8.26	43.58	18.95
Pegonil	20.15	37.31	54.00
Khaokhaonio	16.95	43.67	38.80
Pb	15.89	44.52	35.69
Nakkhaongo	15.01	38.39	39.10

全互交各遺傳介値之分析與估算係按Jinks氏[20]及Hayman[16,17]之理論進行；一般及特殊組合力等則仿Griffing氏[15]之Method I 估算；廣義及狹義遺傳力之估算則照 Mather and Jinks氏[23]之公式計算。Griffing 氏與 Jinks-Hayman 等兩類全互交表變方分析結果之變因成分對照則按 Mather and Poysa氏[24]之研究排列之。其中，收穫指數因係百分數，在進行各項統計運算時，曾加 $\sin^{-1}$ 轉換。

結　　果

9 個全互交親本單株穀產量、生物產量及收穫指數等三性狀Wr—Vr值之純質性測驗（homogeneitg test）均不顯著（數據未列出），表示本試驗資料符合Hayman氏[17]之簡單累加性—顯性模式(simple additive-dominance Model)。但此 9 個親本上述三性狀親—子共變方（parent-progeny covariance, Wr）依親本變方（Vr）而變之迴歸圖析中，則發現此三性狀 Wr 依 Vr 而變之迴歸直線的斜率異於單位斜率 1，而近於 0。顯示本試驗之資料存在有①非等位基因間之交感作用（non-

allelic interaction），即有上位性作用（epistasis）；②親本間基因分布不獨立（即可能有連鎖現象）。即此 9 個全互交親本之單株穀產量、生物產量及基穫指數等三性狀之資料並未能符合Hayman氏[17]之遺傳假說。經將 9 親本中之GP199與Khaokhaonio等兩親本及彼等有關組合捨棄不用，經重新分析後，此 7 全互交親本這三性狀之 Wr—Vr值純質性測驗仍不顯著（值未列出），但 Wr 依 Wr 而變之迴歸直線的斜則近於單位斜率 1 而異於 0（如圖 1）。表示本 9 親本全互交資料經刪除其中兩親本及其有關資料後，此 7 × 7 之全互交資料已能符合 Hayman氏[17]之之大部份前提，故再估算此 7 個親本此三性狀之全互交表變方分析、遺傳成分、遺傳系統及一般與特殊組合能力，並與 9 親本之估算結果併列成表 2 、表 4 及表 5 。綜覽這些表發現 9 親本之該驗資料雖有若干未能符合Hayman氏遺傳前提之現象，但估得之遺傳成分在 9 親本與 7 親本間之顯著情形頗爲一致。

被評估之單株穀產量、生物產量及收穫指數等三個性狀之Griffing氏的一般組合力（GCA）、特殊組合力（SCA）及正反交效應之均方與Hayman氏對應之 a變因、b變因及c與 d變因等之均方皆顯著。進一步就 7 親本之資料而言，穀產量之GCA與 SCA均方之比值約爲 3 ： 1 ，a變因與b變因之比值亦約爲 3 ： 1 ；生物產量與收穫指數之GCA與 SCA及a變因與b變因之比值則均約 4 ： 1 。此顯示此三性狀之一般組合力效應均大於特殊組合力，或親本間遺傳變異之效應大於親本間之顯性效應。而雌親之細胞質效應亦可能影響到此 7 × 7 全互交組合此三性狀之表現。

Table 2. Griffing and Hayman analyses of varince of yield, biological yield and harvest index in diallel crosses of rice.

Traits	Grtiffing					Hayman				
	Source	df		Mean square		Source	df		Mean square	
		Seven-parent	Nine-paren	Seven-parent	Nine-parent		Seven-parent	Nine-parent	Seven-parent	Nine-parent
Grain yield	Block	1	1	—	—	Block	1	1	—	—
	Genotype	48	80	—	—	Genotype	48	80	—	—
	GCA	6	8	40.18**	157.64**	a	6	8	80.36**	315.30**
	SCA	21	36	12.57**	22.11**	b	21	36	25.15**	44.22**
						b_1	1	1	58.57**	158.40**
						b_2	6	8	19.78**	31.30**
						b_3	14	27	25.06**	43.81**
	Reciprocal	21	36	5.79**	4.89**	c	6	8	2.97*	9.25**
						d	15	28	15.03**	9.94**
	Error	48	80	—	—	Error	43	80	—	—
Biological yield	Block	1	1	—	—	Block	1	1	—	—
	Genotype	48	80	—	—	Genotype	48	80	—	—
	GCA	6	8	66.84**	53.84**	a	6	8	133.67**	107.69**
	SCA	21	36	16.70**	28.73**	b	21	36	33.41**	57.46**
						b_1	1	1	15.75ns	10.13ns
						b_2	6	8	33.97**	41.16**
						b_3	14	27	34.22**	63.12**
	Reciprocal	21	36	15.68**	14.95**	c	6	8	14.43**	19.80**
						d	15	28	38.12**	32.78**
	Error	38	80	—	—	Error	43	80	—	—
Harvest index	Block	1	1	—	—	Block	1	1	—	—
	Genotype	48	80	—	—	Genotype	48	80	—	—
	GCA	6	8	168.19**	790.92**	a	6	8	336.38**	1,581.84**
	SCA	21	36	41.16**	84.53**	b	21	36	82.32**	169.06**
						b_1	1	1	7.36ns	12.52ns
						b_2	6	8	63.24**	125.62**
						b_3	14	27	84.42**	169.21**
	Reciprocal	21	36	15.15**	14.92**	c	6	8	18.77**	26.30**
						d	15	28	34.92**	30.85**
	Error	43	80	—	—	Error	43	80	—	—

而此三性狀之顯性效應，就單株穀產量言係由平均顯性效應（或單方向顯性之效應，b_1變因顯著）、遺傳基因頻度不等時之顯性效果（b_2變因顯著）及特殊顯性效果（或不歸諸於 b_1及b_2之各基因間之交感效應所呈現之顯性效應，b_3變因顯著）等綜合而成之效應；而生物產量及收穫指數之顯性效應則均僅由遺傳基因頻度不等時之顯性效果及特殊顯性效果等兩類效應之綜合效果。由知，此三性狀雖均具顯性效應，但此顯性效應之組成則單株穀產量者與生物產量及收穫指數者略有不同。

越光等 7 個親本之一般及特殊組合力效應如表 2 。由表知，越光（P 1）穀產量與生物產量之一般組合力皆呈負值；特殊組合力概爲與豐錦（P 2）與Nakkhaongo（P 7）等兩品種雜交時呈正值，餘均爲負值，恰與越光各類米飯物理特性之一般與特殊組合能力效應之表現相彷[4]，顯示越光這品種雖爲食用品質良佳之品種，但擬經由與越光雜交，以獲致豐產良質後裔之機率並不大。

Table 3. Estimates of Griffing's general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects for grain yield, biological yield and harvest index in a 7 X 7 diallel crosses of rice.

Traits	Parents	GCA effects	SCA effects					
			2	3	4	5	6	7
Grain yield	P1	− 0.09	0.06	− 2.66	− 0.92	0.21	− 0.99	0.63
	P2	3.17	—	0.75	1.11	0.89	− 0.99	− 0.00
	P3	0.76		—	3.75	− 4.29	− 0.63	− 1.91
	P4	0.34			—	− 2.23	− 4.10	− 1.77
	P5	− 0.73				—	3.09	0.03
	P6	− 1.65					—	3.54
	P7	− 1.79						—
Biological yield	P1	− 1.23	1.04	− 4.61	− 3.93	− 0.56	− 0.68	2.93
	P2	0.38	—	− 1.23	0.97	2.60	− 2.47	1.19
	P3	3.98		—	3.82	1.13	− 1.16	1.93
	P4	1.48			—	− 1.22	− 3.75	− 1.00
	P5	− 2.63				—	3.34	− 4.23
	P6	− 0.85					—	2.15
	P7	− 1.13						—
Harvest index	P1	0.02	− 0.02	− 0.03	0.04	0.03	− 0.04	− 0.05
	P2	0.16	—	0.06	0.03	− 0.02	0.02	− 0.02
	P3	− 0.06		—	0.12	− 0.29	0.01	− 0.14
	P4	− 0.02			—	− 0.09	− 0.16	− 0.08
	P5	0.03				—	0.09	0.11
	P6	− 0.06					—	0.14
	P7	− 0.06						—

Parental arrays : 1-Koshihikari, 2-Toyonishiki, 3-Tainung No. 67, 4-Taichung No. 65, 5-Pegonil, 6-Pb, 7-Nakkhaongo.

表4顯示本研究複合性狀單株穀產量之累加性 (D) 與顯性 (H_1-H 及 h_2) 等遺傳成分均極顯著地異於零，表示累加性與顯性效應對水稻穀產量之表現至爲重要。 D-H_1 爲負值，且達5%之顯著水準，指出支配單株穀產量之有關基因的顯性效應顯著地大於累加性效應。本性狀之 F成分值與零之差異不顯著，因知參試全互交親本支配單株穀產量之遺傳體系中，顯性等位基因數等於隱性等位基因數。H_1成分與H_2成分值存有若干差異，其$H_2/4H_1=0.20$ (表5)，異於極限值0.25 (按即當u=v=0.5，則uv=0.25) ，故知 $H_2 \neq H_1$，此亦即表親本間有關單株穀產量基因之正與負等位基因平均頻度在親本間之分布不均勻或不等。 環境效應 (E) 爲正值，但其值甚小與零無顯著差異存在，表示本研究進行中，已知或未知之環境因子之局部控制尙稱良好，重覆間單株穀產量之差異極微。經藉迴歸圖解與變方分析兩法估得本性狀之平均顯性程度值 $(H_1/D)^{1/2}$ 均大於1 (表5) ，親一子共變方 (Wr) 依親本變方 (Vr) 而變之迴歸直線切Wr軸於原點下方 (圖1) ，凡此指出參試全互交親本支配單株穀產量之有關基因係呈超顯性。本性狀親本顯隱基因總數之比值〔kd/kr〕略大於1，初步認爲本性狀有關基因羣中，顯性基因之總數可能略多於隱性基因之總數，經參照本性狀不顯著之 F值 (表4) 所蘊含之支配單株穀產量之遺傳體系中，顯性等位基因數等於隱性等位基因數之結果，認定本研究參試材料關係單株穀產量之基因羣中，顯性基因之羣數應等於隱性基因之羣數。供試全互交親本單株穀產量之序列親本均值 (Yr) 與對應之親本顯性次序 (Wr+Vr) 值成顯著之正相關，按當高值 (high score) 親本 (即具最多增量基因者) 有最低之 (Wr+Vr) 值 (即具最多之顯性基因) 時，Yr與 (

Table 4. Estimates of genetical components of variance and their standard deviations for grain yield, biological yield and harvest index in a diallel crosses of rice.

Genetical component	Grain yield		Biological yield		Harvest index	
	Seven-parent	Nine-parent	Seven-parent	Nine-parent	Seven-parent	Nine-parent
D	16.78** ±3.15	30.91** ±6.73	33.21** ±3.45	23.65** ±9.77	53.94** ±15.94	127.01** ±29.83
H_1	30.60** ±7.57	54.85** ±14.86	40.92** ±8.05	67.90** ±21.57	102.21** ±37.89	215.044** ±65.83
H_2	23.96** ±6.67	43.10** ±12.77	30.00** ±7.10	53.45** ±18.54	80.33* ±33.39	166.99** ±56.69
h^2	14.05** ±4.48	31.07** ±8.56	3.76ns ±4.77	6.14ns ±12.42	40.50ns ±33.39	60.83ns ±37.91
F	12.10ns ±7.55	7.74ns ±15.70	24.52* ±12.03	26.58ns ±22.80	28.04ns ±37.76	0.47ns ±49.58
E	0.60ns ±1.11	0.56ns ±2.13	1.70ns ±1.18	2.00ns ±3.09	0.99ns ±5.56	1.03ns ±9.43
D-H_1	−13.82* ±6.57	−23.93ns ±12.62	−8.71* ±3.99	−44.25** ±18.33	−48.27ns ±32.89	−88.03ns ±55.93

**, *··Statistically significant at 1% and 5%probability levels, respectively.

ns : Non-significant.

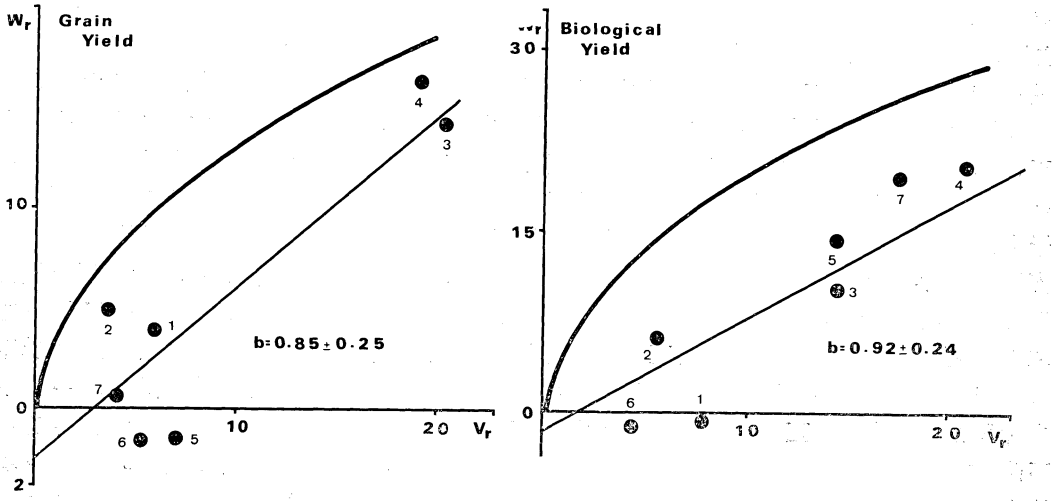
Wr＋Vr）之相關爲負值；而當高值親本（即具最多增量基因者）有最高之（Wr＋Vr）值（即具最少之顯性基因）時，Yr與（Wr＋Vr）值之相關爲正值[23]。故知，單株穀產量較高之親本，伴隨隱性基因數之增加。經參照表 1 及圖 1 知，本研究參試材料單株穀產量之遺傳體系內，單株穀產量低者對高者爲相對顯性；親本臺農67號（P3）與臺中65號最偏離原點，Pb（P6）與Nakkhaongo（P7）最接近原點，肯定就單株穀產量言，臺農67號及臺中65號具最多之隱性增量基因，Pb及 Nakkaongo等兩品種具有最多之顯性減量基因。本性狀具顯性主效基因羣數估值 $h^2/H_2=0.59$，可推測可能尚有一對控制單株穀產量之顯性基因發揮若干顯性程度。按當有關基因僅具些許或無顯性時，此不值易檢出[27]；而當諸顯性基因效應符號正負相異時[27]、或有互補基因作用時、[17] 或n個基因座之效應不等或爲非單方向顯性時[6]，此值易低估。本研究估得供試材料之單株穀產量的廣義遺傳率值雖高。但因有關基因效應中，顯性效應顯著地大於累加性效應（表 4），故狹義遺傳率值則低，提示本性狀之表現型變異，基因之顯性效應爲主要之遺傳成分，對供試材料雜交後裔就單株穀產量進行早世代選拔時效果不大。

Table 5. Estimates of genetical systems for grain yield, biological yield and harvest index in a diallel crosses of rice.

Estimates	Grain yield		Biological yield		Harvest index	
	Seven-parent	Nine-parent	Seven-parent	Nine-parent	Seven-parent	Nine-parent
$(H_1/D)^{1/2}$						
By graphic	1.36	1.34	1.16	1.69	1.54	1.30
By variance	1.35	1.33	1.13	1.69	1.54	1.30
$H_2/4H_1$	0.20	0.20	0.18	0.20	0.20	0.19
Kd/Kr	1.13	1.31	2.02	1.99	1.15	1.29
h^2/H_2	0.59	0.72	0.13	0.12	0.41	0.60
Heritability (%)						
Broad-sense	95	98	91	91	98	99
Narrow-sense	46	61	50	27	63	67
r of $(W_r+V_r)/Y_r$	0.78*	0.68*	0.33ns	0.24ns	0.39ns	0.28ns

* : Statistically significant at 5% probability level.
ns : Non-significant.

本研究生物產量之 $D-H_1$及H_2等遺傳成分均極顯著地異於零，表示本性狀有關基因之累加性效應（D）與顯性效應（H_1及H_2）兩遺傳成分對稻株生物產量之表現極爲重要。但因本性狀累加性效應與顯性效應之差值（$D-H_1$）爲負值，且達 5 %之顯著水準，故知控制稻株生物產量之有關基因的顯性效應顯著地大於累加性效應。本狀之 F成分爲顯著之正值，顯示供試全互交親本遺傳體系中，顯性等位基因多於隱性等位基因。H_1成分大於H_2成分；且提供評估親本間目標性狀正（u）與負（v）等位基因平均頻度之$H_2/4H_1=0.18$（表 5），遠低於正負等位基因平均頻度相等（$u=v=0.5$或$H_2=H_1$）之極限值0.25，因認定親本間有關稻株生物產量之正與負等位基因平均頻度之分布不等。環境效應（E）爲與零無顯著差異之正值，故知本試驗重覆間之差異甚微。經藉回歸圖解與變方分析估得稻株生物產量之平均顯性程度值皆大於 1，而Wr依Vr而變之回歸直線切Wr軸於原點下方，總此可知參試



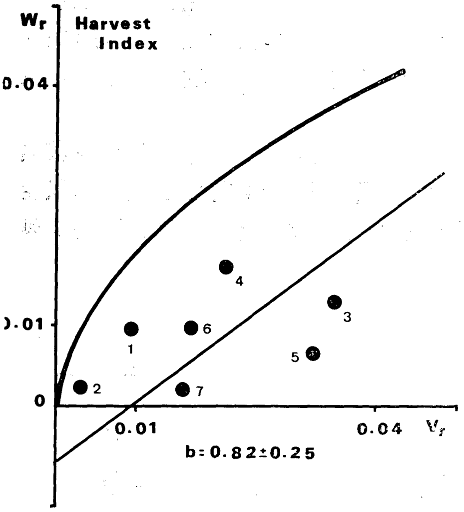


Fig. 1. W_r on V_r graphs for grain yield, biological yield and harvest index.

Parental arrays : 1-Koshihikari, 2-Toyonishiki, 3-Tainung No. 67, 4-Taichung No. 65, 5-Pegonil, 6-Pb, 7-Nakkhaongo.

親本支配稻株穀產量之有關基因呈超顯性。本性狀親本顯隱基因總數之比值 kd/kr＝2.02，認定本研究供試材料關係稻株生物產量之基因羣中，顯性基因之總數約為隱性基因總數之兩倍。供試全互交親本稻株生物產量之序列親本計量（Yr）與其對應（Wr＋Vr）值之相關雖為正值，但未具統計意義，此即表示諸供試全互交親本有關稻株生物產量之遺傳體系中，顯性方向屬雙方向（ambidirection），而與全互交表變方分析中本性狀不顯著之 b_1值（表2）所提示之本性狀之顯性方向非為單方向顯性之結果相呼應。經參照表1及圖1知，生物產量中等者對高者及低者為相對顯性。本性狀具顯性主效基因羣值估值$h^2/H_2=0.13\doteqdot0$，表示稻株穀產量似無主效基因羣存在。按當有關基因僅具些許或無顯性作用時，此值不易檢出[27]，而當諸顯性基因效應符號正負相異時[27]，或有互補基因作用時[17]，或n個基因座之效應不等或非為單方向顯性時[6]，此值易被低估。本研究估得稻株生物產量之廣義遺傳率值雖高，但狹義遺傳率值則低（表5），此表示本性狀之表現型變異，基因之顯性效應較累加性效應者為重要，而與表4 D-H_2之值為顯著之負值相呼應。

收穫指數之累加性（D）與顯性效應（H_1及H_2）等遺傳成分均極顯著(表4)，表示累加性與顯性效應對水稻收穫指數之表現至為重要。D-H_1 值為負值， 但未達5％顯著水準，指出支配收穫指數之

有關基因的顯性效應可能大於累加性效應，但其差值則未具統計意義。本性狀 F成分為正值，但與零無顯著差異存在，因知參試全互交親本支配收穫指數之遺傳體系中，顯性等位基因等於隱性等位基因數。H_1成分大於H_2成分，而提供評估親本間目標性狀正 (u) 與負 (v) 等位基因平均頻度之 $H_2/4H_1 = 0.20$ (表5)，遠低於正負等位基因平均頻度相等之極限值0.25，故可推定親本間有關收穫指數之正與負等位基因平均頻度之分布不等。環境效應（E）為不顯著之正值，表示本試驗重覆間之差異甚微。經藉迴歸圖析與變方分析估得收穫指數之平均顯性程度值〔$(H_1/D)^{1/2}$〕大於1；而本性狀親一子共變方（Wr）依親本變方（Vr）而變之迴歸直線切 Wr 軸於原點下方，綜此可知供試親本支配收穫指數之有關基因呈超顯性。本性狀親本收穫指數顯隱基因總數之比值 $kd/kr = 1.15$，認定本研究參試材料支配收穫指數之基因羣中，顯性基因之總數與隱性基因之總數相等。此結果與表4不顯著之F成分所蘊含之意義相一致。參試全互交親本收穫指數之序列親本均值（Yr）與其對應親本顯性次序（Wr＋Vr）值之相關係數為不顯著之正相關，此即表諸參試親本有關收穫指數之遺傳體系中，顯性方向為雙方向，恰與全互交表變方分析中，本性狀不顯著之b_1值（表2）所顯示之本性狀之顯性方向不為單方向顯性之結果相對應。經參照表1及圖1知，收穫指數高者與低者對中等者為相等顯性。本性狀具顯性主效基因羣數無法估出（$h^2/H_2 = 0.41$），按當諸顯性基因效應符號正負相異時[27]，或有互補基因作用時[17]，或n 個基因座之效應不等或非為單方向顯性時[6]，此值易被低估，而當有關基因僅具些許或無顯性作用時，此值不易被檢出[27]。本研究估得收穫指數之廣義遺傳率雖高（表5），但狹義遺傳率值仍低（表5），但與單株穀產量及生物產量相比較，則收穫指數之狹義遺傳率值則為本研究三被評估性狀中之最高者。

表6為諸主要農藝性狀與單株穀產量、生物產量及收穫指數之簡單相關係數，就穀產量言，其與抽穗期、穗數、一穗穎花數、完整米率、生物產量及收穫指數成極顯著正相關；與株高及諸穀粒狀性成極顯著負相關。生物產量則與抽穗期、株高、穗數、一穗穎花數、完整米率及穀產量成正相關；與

Table 6. Simple correlation coefficients among traits studied.

Traits	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Heading date	0.30**	0.55**	0.11ns
Plant height	−0.37**	0.16*	−0.44**
Panicle number	0.43**	0.18*	0.38**
Spikelet number	0.53**	0.41**	0.40**
Grain thickness of brown rice	−0.23**	−0.10ns	−0.19*
Grain lengthof brown rice	−0.35**	−0.20**	−0.28**
Grain width of brown rice	−0.49**	−0.05ns	−0.48**
Length/width of brown rice	−0.23**	−0.22**	−0.16*
1000-grain weight	−0.39**	−0.15**	−0.35**
Head rice rate	0.55**	0.24**	0.48**
Grain yield	—	0.34**	0.92**
Biological yield	0.34**	—	0.10ns
Harvest index	0.92**	0.10ns	—

**, *··Statisticallly significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

ns··Non-significant,

穀粒性狀概為負相關；與收穫指數之相關雖為正値，但不顯著。收穫指數則與株高及諸穀粒性狀成極顯著或顯著之負相關；與穗數、一穗穎花數、完整米率及穀產量成極顯著之正相關。

討　　論

就生理觀點言，水稻大粒種源之利用被認為是提高臺灣現階段稻作單位面積產量之可能方法之一[30,31]。但因現存水稻大粒種源往往集團乾物質產量較少[11,31]，其或為一穗穎花數少[11,18,19,31]、或屬穗數少[11,31]、或係植株高大易倒伏[14,19]，很難直接利用。為提供水稻大粒品種選育之遺傳基礎知識，乃進行本項系列研究，全面探討抽穗期、株高、每株穗數、一穗穎花數、4穀粒性狀、單株穀產量、生物產量及收穫指數等性狀之遺傳行為，以為將來進行水稻大粒品種選育之參考。

Li[22] 以6×6全互交分析單株穀產量之遺傳，發現有關單株穀產量之累加性效應不顯著，顯性效應極顯著，且遠大於累加性效應；顯性程度呈超顯性；顯性方向呈單方向顯性。曾[7] 以大小粒重為材料4×4全互交分析結果大致與Li[22] 之結果類似，惟曾[7] 之結果則指出累加性與顯性效應對單株穀產量之表現均至為重要。至於遺傳率方面 Chang and Li[12]、Li[22] 及曾[7] 均發現單株穀產量之遺傳率均低。經援此學者們[7,22] 之數據對照本研究之主要結果（表4及表5）發現，本研究獲至單株產量之遺傳行為與曾[7] 者較一致，推測係因為本研究及曾[7] 之研究係同以大小粒水稻材料供試之故。

有關水稻收穫指數遺傳行為之探討甚少見諸報告[5]，梁[5] 利用世代平均值法分析水稻7個組合收穫指數之遺傳，發現高×低收穫指數組合中，低收穫指數為部份顯性；多數組合，其基因作用主要為累加性效應，少數組合中，顯性作用亦扮演重要角色；並發現有若干非對立基因間之交成作用存在。此等結果有與本研究相類者，有與本研究相異者。唯嚴格言之，梁[5] 與本研究不僅使用之分析方法不同，且在供試材料之選擇上亦不同，梁[5] 係基於收穫指數之高低，本研究則著眼穀粒大小為主。故兩者分析結果相一致固可對照；結果相異自不意外。

由全互交表變方分析之結果顯示，單株穀產量、生物產量及收穫指數等三個被報告性狀之親本間之顯性效應雖均存在（b變因極顯著，表2），但導致此親本間顯性效應存在之誘因則不同。單株穀產量之顯性效應係綜合平均顯性效應（或單方向顯性，即b_1變因顯著，表2），遺傳基因頻度不等之顯性效應（b_2變因顯著，表2）及特殊顯性效果（或不歸諸b_1及b_2之各基因間之交感效應所呈現之顯性效應，b_3變因顯著）等3個次變因之效應而得；而生物產量與收穫指數之顯性效應則僅均由遺傳基因頻度不等時之顯性效應及特殊顯性效果等兩類次變因效應之綜合成果。故知，此三性狀雖均具顯性效應存在，但此顯性效應組成之次變因則單株穀產量者與生物產量及收穫指數者不同，此結果析與經進一步遺傳成分分析所得三性狀顯性成分H_1、H_2及h^2之顯著情形相類似（表4）。單株穀產量之遺傳組成中，肇因於基因顯性作用之顯性成分H_1，基因正負效應分布不均而顯示之顯性之顯性成分H_2及所有基因座之顯性效應（所有組合內異型結合態全部基因座顯性作用之代數和）之顯性成分h^2均顯著地異於零，但生物產量及收穫指數之H_1、H_2及h^2等三個顯性成分中，則均僅H_1及H_2等兩個顯性成分顯著。綜此全互交表之變方分析（表2）及各遺傳成分之估算可確定，被報告三性狀各該有關遺傳基因之若干基因座上，顯性擔任相當重要之角色，但其由來之次變因則不同。同時表5顯示被報告三性狀之遺傳系統亦不盡相同，在親本顯隱基因總數方面，單株穀產量及收穫指數等兩性狀之各該顯隱基因總數約相等，生物產量方面則不等；在各該性狀顯性方向方面，則單株穀產量為單方向顯性，生物產量及收穫指數為雙方向顯性（表2及表5）；單株穀產量及生物產量之顯性效應皆顯著地大於累加性效應，收穫指數者顯性效應與累加性效應無顯著差異存在（表4）。總此可證，收穫指數雖係由單株穀產量與生物產量等兩個絕對性狀之比值而得之一種導出性狀，但其遺傳模式則與其由來之兩個絕對性狀不同。

單株穀產量之遺傳率極低[7,1,22]，故一般育種均避免在初期世代進行產量選拔，學者基於導出性狀之遺傳率較絕對性狀為高，故建議在育種初期世代即利用與產量有高度相關之導出性狀行產量之選

拔[10]。本研究之結果也顯示單株穀產量之狹義遺傳率爲此三性狀中之最低者，收穫指數爲最高者（表5）；同時單株穀產量與生物產量及收穫指數成極顯著之正相關，且單株穀產量與收穫指數之相關係數更高達0.92（表6），而與生物產量之相關係數則爲0.34（表6），可知在本研究供試親本之雜交後裔中，就產量之選拔以收穫指數行間選拔應是一可行之方法，但因單株穀產量與生物產量之相關係數顯著，但較其與收穫指數者相對爲低，且生物產量與收穫指數無顯著之相關關係（表6），故周延之育種選拔性狀應是以收穫指數爲主，生物產量爲輔。此種結果恰與 Donald ad Hamblin[13] 歸納而得之生物產量與收穫指數是禾穀作物育種選拔之兩個簡單有效之選拔指標的建議相一致。梁[5] 指出改良與傳統之株型品種在重氮肥與密植下發現收稻指數與穀產量和全株乾重間之相關均有減低之趨勢，其改變值則以改良之高收穫指數品種較傳統低收穫指數者爲低，顯示高收穫指數之改良品種對環境之穩定性較大，因建議重氮肥與密植之環境爲選拔收穫指數高低之適宜的選拔環境。本所之數據則認爲重氮肥與密植[9]或重氮肥與正常行株距[8] 下爲各重要農藝性狀合適之選拔環境。本研究之數據則在一般生育條件下所得，是否在重氮肥與密植下會有變化則不可考。

引用文獻

1. 郭益全・1981・水稻臺農67號產量潛能之研究。Ⅰ產量構成要素之表現・中華農業研究30（3）：215—218。
2. 郭益全 劉清・1986・大粒水稻之遺傳研究・Ⅰ.抽穗期、高株、每株穗數及一穗穎花數之遺傳・中華農業研究35（1）：1—10。
3. 郭益全 劉清・1986・大粒水稻之遺傳研究・Ⅱ.穀粒性狀之遺傳・中華農業研究35（4）：401—412。
4. 郭益全 劉清・1987・米飯物理特性之遺傳・中華農業研究36（1）：1—14。
5. 梁坤晃・1980・水稻收穫指數之遺傳與環境效應及其與農藝性狀間之相關・國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。
6. 湯文通・1967・全互交法・作物育種之原理與實施・臺大農學院。
7. 曾美倉・1977・水稻粒重、粒型及其他數量性狀之全互交分析・臺大農學院研究報告17（2）：78—90。
8. 臺灣省農業試驗所年報・1970・民國58年年報・P56・農試所・臺北。
9. 臺灣省農業試驗所年報・1971・民國59年年報・PP65—66・農試所・臺北。
10. 廖雲英 鄔宏潘・1975・導出性狀之遺傳率及其選拔・科學農業23（3—4）：87—89。
11. 魏夢麗 劉大江・1984・不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀之比較・中華農業研究33（4）：363—371。
12. Chang, T. T. and C. C. Li. 1980. Genetics and breeding *In* Rice: production and utilization (Dr. Luh, B. S. ed.). pp 87-146. AVI. Westport, Conn. USA.
13. Donald, C. M. and J. Hamblin. 1977. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron. 28 : 361-405.
14. Fujita, K., V. P. Coronel and S. Yoshida. 1984. Grain-filling characteristics of rice varieties (*Oryza sative* L) differing in grain size under controlled environmental conditions. Soil Sci. Plant Nutri. 30 : 445-454.
15. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. J. Bio. Sci. 9 : 463-493.
16. Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. Biometrics 10 : 235-244.
17. Hayman, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. Genetics 39 : 789-809.
18. International Rice Reasearch Institute. 1977. Annual report for 1976. pp17-26. Los Banos, Manila, Philippines.
19. International Rice Reasearch Institute. 1978. Annual report for 1977. pp 14-26. Los Banos, Manila, Philippines.
20. Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* variaties, Genetics 39 : 767-788.

21. Khan, M. A. and S. Tsunods. 1970. Evolutionary trends in leaf photosynthesis and related leaf characterers among cultivated wheat species and its wild cultivar. Japan J. Breed. 20 : 133 -140.

22. Li, C. C. 1975. Diallel analysis of yield and its components traits in rice (*Oryza sativa* L). J. Agric. Assoc. China (NS) 92 : 41-56.

23. Mather, K. and J. L. Jinks. 1971. Diallels. *In* Biometrical genetics. pp249-284. Cornell University Press, Ithaca, USA.

24. Mather, C. E. and V. Poysa. 1983. Griffing and Hayman diallel analyses of protein and lysine content of spring triticale. Can. J. Genet. Cytol. 25 : 384-389.

25. Niciporovic, A. A. 1956. 15th Timirjazev lecture. Timirjazev Inst. Plant Physiol. USSR. Acad. Sci. Moscow. (Trans. Dept. Sci. Ind. Res. Great Britain, 1959). Cited by Singh, I. D. and N. C. Stoskopf. 1971.

26. Niciporovic, A. A. 1960. Photosynthesis and the theory of obtaining high crop yield. Field Crop Abstr. 13 : 169-175. Cited by Singh, I. D. and N. C. Stoskopf. 1971.

27. Povilatis, B. 1966. Diallel cross analysis of quantitative characters in tobacco. Can. J. Genet. Cytol. 8 : 336-346.

28. Snigh, I. D. and N. C. Stoskopf. 1971. Harvest index in cereal. Agron. J. 63 : 224-226.

29. Tsunoda, S. 1959. A developmental analysis of yielding ability in varieties of field crops. I. Leaf area per plant and leaf area ratio. Japan. J. Breed. 9 : 161-168.

30. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 : 190-196.

31. Wei, M. L., Y. C. Kuo and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tillers. II. Productivity of varieties differing in grain volume. J. Agric. Res. China. 33(1) : 12-23.

Genetic Studies on Larger Kernel Size of Rice

III. Inheritance of Grain yield, Biologlcal yield and Harvest index[1]

Yih-chuan Kuo and Ching Liu[2]

Summary

The inheritance or grain yield, biological yield and harvest index for larger kernel size or rice were studied by mean of a 9 X 9 diallel crosses including parents and reciprocal crosses. Date from the F_1 generation and parents were analyzed using the Griffing and the Jinks-Hayman methods of diallel analyses. The genetic variations of these three traits were significant among the parents. Both additive and dominance effects were important for all these traits. Furthermore, dominace effects were significantly larger than additive effects for these traits except that for harvest index that additive and dominance effect was about equal. Highly significant general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects were observed for these traits. The GCA effects were more important than SCA effects, the ratio being 4 : 1. Maternal effects existed in all these traits. Degrees of dominance of all these traits estimated by graphic and variance analyses showed over-dominance. The average frequency of positive and negetive allel in parents were about equal for all traits. Number of dominance genes exceeded recessive genes for biological yield. Onthe other hand, both number of dominance and recessive genes were equal for grain yield and harvest index. Directions of dominance evaluated by regression plotting and correlation coefficient between Y_r and (W_r+V_r), were toward lower grain yield for grain yield and ambi-directions for biological yield and harvest index. Estimated heritabilities for all these traits were low.

---

1. Contribution No. 1331 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist and former Senior Statistician (now, Professor, Deprtment Agronomy, National Taiwan University) respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taching Hsien, Taiwan 41301, ROC

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36(2)：137～150 (1987)

秈稻細胞質雄不稔稔性恢復基因之遺傳分析[1]

黃眞生 曾東海 陳治官[2]

摘要 爲尋求細胞質雄不稔性的稔性恢復基因之可用性及瞭解稔性恢復基因的遺傳行爲，以便直接利用或供爲轉移稔性恢復基因至其他優良品種或稉稻品種（系）之參考，將 Zhen Shan 97A（WA）、V20A（WA）兩個細胞質雄不稔品種和具有稔性恢復能力的臺農秈育172、178兩品系雜交，所得四個組合的F_1、F_2，調查其結實率、花粉率、莖基色、稃尖色、柱頭色、內外穎顏色等性狀。結果顯示：同屬WA型之兩個細胞質雄不稔母本與同一父本雜交所得F_1及F_2的稔性恢復之遺傳方式有相似之趨勢，但同一不稔系與不同父本雜交時之恢復稔性有不相似之遺傳行爲。以酒井氏的遺傳變方估算稔性恢復基因對數，臺農秈育 178可能最少具有四對顯性之稔性恢復基因，臺農秈育 172可能至少具有三對顯性稔性恢復基因參與。這些稔性恢復基因推測具有互補及加性作用，即僅有一個顯性基因時無有效的恢復能力，即花粉稔性低於45%，有二個顯性基因時可恢復稔性45%至91%左右，而有三個或三個以上之顯性基因時，其稔性可完全恢復如父本者。根據此假設，以三對和四對基因的理論分離比與供試之四組F_2集團的實測值比較，結果顯示花粉率的分離狀況與假設之條件相當符合，結實率的分離狀況亦大致符合。F_2集團的花粉率與結實率有極顯著的相關，莖基色與稃尖、柱頭色有緊密的連鎖關係，重組合值介於1.6%至8.1%之間，而莖基色與花粉率、結實率是互相獨立的，內外穎顏色與花粉率、結實率亦無可信賴的相關。

利用細胞質雄不稔品系育成的雜種水稻，已有經濟栽培成功的事例[9,13]，證實了自交作物之水稻利用雜種優勢的可行性[14,15]。過去 WA 型細胞質雄不稔品系的稔性恢復親，都是從現有品種中以檢交F_1的稔實率篩選獲得。不論是不稔系或稔性恢復系都是熱帶性品種，對本省環境不儘適合。最近由於過去累積的經驗，稔性恢復親的篩檢方向已轉向到本省育成品系。這些品系是由稔性恢復品種間之雜交、稔性恢復品種與不具稔性恢復能力但有其它優良特性之品種間雜交、甚至稔性恢復品種與細胞質雄不稔品系間的雜交或複交組合的後代選出者[3,8]；大都具有較佳的適應性，病蟲害的抵抗性也較強。筆者等以WA型細胞質雄不稔性爲對象，由育成秈稻品系中檢交篩選到31個品系，具有良好的稔性恢復能力[3,4]，供爲進一步研究它們與雄不稔品系的組合力，選育有實用價值的雜種水稻品種，或供進一步改良用的中間親本，或累積可能的稔性恢復基因和其它優良特性用。由於控制細胞質雄不稔稔性的恢復基因可能不只一對[7,8,12,16]，所以瞭解這些育成品系的稔性恢復基因之數目及遺傳行爲，對其實際運用，特別是作中間親本進一步改良或轉移其稔性恢復能力於其它優良品種（系），甚至轉移至稉稻品種（系），有提高稔性恢復系育種的效率和實質應用之重要性。又WA型細胞質在不同基因背景的雄不稔品系，對同一稔性恢復品系的反應，可能有組合力之不同所帶來的差異[2]。本試驗乃選用具WA型細胞質之兩個雄不稔品系和兩種新育成的稔性恢復品系爲雜交親本，查驗其後代的稔性恢復能力如何遺傳，探討可能參與的基因數和其他性狀之遺傳行爲，以供爾後深入探討或實際育

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第1332號。

2.臺灣省農試所農藝系研究員、助理研究員、助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

種之參考。

材料與方法

一、試驗材料：父母本品種 4 個及其F_1、F_2共12個集團。

母本：Zhen Shan 97A及V20A，兩者皆是國外引進的WA型細胞質雄不稔秈稻品系，其不稔性比較穩定且都具有紫色的莖基部、稃尖及柱頭。

父本：臺農秈育172，其親源爲嘉農秈11/IR30//Milyang 23。另一父本爲臺農秈育178，其親源爲 BG 352/ 臺中秈 3 。兩者皆是本省育成品系且已於民國73年的檢交，證實具有恢復 Zhen Shan 97A細胞質雄不稔稔性之能力。

供試之兩個不稔品系與兩個稔性恢復品系兩兩雜交，共獲得四種雜交組合的F_1、F_2加四個親本共12個集團參試。

二、試驗方法：

本試驗於民國74年第二期作於省農業試驗所試驗田進行。

1.取樣及調查：

親本及F_1各種植五行，由中間之24株取樣調查；F_2集團各種植約400株，由其中取樣324株調查。所有供試材料都單本植，行距30公分，株距15公分。調查項目是花粉稔性、結實率、莖基色、稃尖色、柱頭色、內外穎顏色等。每株編號定位調查。莖基色、稃尖色及柱頭色於抽穗開花時在田間調查，調查部位呈紫色者爲1,無紫色者爲 0 。花粉稔性於抽穗期每株逢機取將開花之小枝梗一枝，約20至30個穎花，帶回實驗室後再剪取隔日開花之穎花 3 個，分別取花藥置於載玻片，點加0.2%碘液（I_2, KI）以解剖針切割釋花粉於碘液中染色，隨即以顯微鏡（x100） 檢查計數花粉粒數，每樣品計數不同觀察位共約200個花粉粒的染色情況。據岡氏 [5] 之方法將花粉內澱粉呈色之程度，分成花粉圓大或中大且呈粽或深黑色者爲正常花粉，形狀皺縮、無色或圓但小型且呈色淡者爲不稔花粉等兩類，最後計算正常花粉率（正常花粉＼花粉總數）。親本及F_1各調查 7 至10株，F_2每集團各調查 300 株以上。結實率於成熟後每株逢機取二穗帶回實驗室調查，結實粒（含不飽滿者）佔總粒數之比值爲調查值。內外穎顏色以取樣回來調查結實率的成熟飽滿種子進行肉眼觀察，其標準以兩雜交親本之穎色相對差異程度而定，每一樣品由兩人分別判讀之數值平均得之。親本的內外穎顏色以 Zhen Shan 97A最深（褐黃），臺農秈育172次之，V20A再次之，臺農秈育178最淺（淡黃）。

2.統計分析：

花粉率和結實率的調查值先以10之組幅統計各組稔性之頻度，藉以探察稔性恢復基因表現型的分離狀況，爲進一步分析之參考。由於此兩性狀爲數量性，但雜交第一代表現完全顯性，故以酒井氏 [6] 修正 Castle-Wright 估計基因對數的方法，估算其基因數；由於此兩項數據具有二項分布的性質，其機差分布爲非常態，故進行酒井氏之遺傳變方時，先經角度或反正弦轉換 (Angular or Arcsin transformation) 以標準化。花粉率、結實率及內外穎顏色之關連以各雜交 F_2 世代分別以相關迴歸統計之。花粉率及結實率與質量性狀之莖基色、稃尖色、柱頭色等之連鎖則由F_2樣品值雙向頻度分類後，以卡方 (Chi-square) 之獨立性或連鎖分離比的適合度測驗分析；當進行卡方測驗而自由度爲 1時，卡方值計算須經連續校正。

結果與討論

供試材料的花粉率、結實率、內外穎顏色等性狀之平均值、標準機差及各親本和F_1的莖基色、稃尖色、柱頭色列於表 1 。兩個細胞質雄不稔品系，即 Zhen Shan 97A及V20A 的花粉率皆爲0.00，結實率各爲10.00%及14.50%；而莖基色、稃尖色和柱頭色皆爲紫色。臺農秈育172及178的花粉率各爲91.60%及98.70%，結實率各爲74.80%及75.60%，而莖基部均爲綠色，稃尖無紫色，柱頭爲白色

表1. 二個水稻雄不稔系、二個稔性恢復系及其F_1及F_2各性狀之平均及標準機差（TARI, 1985）

Tab. 1. Mean and standard error of investigated traits of 2 CMS, 2Rf rice varieties and their F_1 s and F_2 s.

Parents and Cross Combination	Pollen Fertility (%)		Spikelet Fertility (%)		Lemma-Pelea Color	Basal-leaf Color		Apiculus[2] Color		Stigma[2] Color	
	Sample Number	Mean± S. E. [1]	Sample Number	Mean± S. E. [1]	Mean± S. E.	Purple	Green	Purple	Yellow	Purple	White
Zhen Shan97A (P_1)	10	0.00± 0.00	11	10.00± 4.28	9.00±0.00	11	0	11	0	11	0
V20A (P_2)	8	0.00± 0.00	10	14.50±10.13	3.00±0.00	10	0	10	0	11	0
Tainung Sen Yuh 172 (P_3) (TNGSY 172)	10	91.60± 5.99	12	74.80± 4.77	6.00±0.00	0	12	0	12	0	12
Tainung Sen Yuh 178(P_4) (TNGSY 178)	10	98.70± 2.49	12	75.69± 4.76	0.00±0.00	0	12	0	12	0	12
P_1/P_3 F_1	7	94.85± 5.16	23	75.99± 6.04	3.78±1.86	23	0	23	0	23	0
P_1/P_3 F_2	311	77.46±22.96	324	72.59±15.76	4.14±2.20	239	85	231	89	231	89
P_1/P_4 F_1	7	90.82± 5.23	9	89.41± 3.94	4.00±1.50	9	0	9	0	9	0
P_1/P_4 F_2	314	88.32±15.22	322	76.59± 9.43	4.21±2.19	223	97	219	102	219	102
P_2/P_3 F_1	10	93.70± 4.98	24	79.48± 1.18	5.38±0.65	24	0	24	0	24	0
P_2/P_3 F_2	316	74.07±24.43	321	65.07±15.14	4.73±0.86	242	79	237	83	237	83
P_2/P_4 F_1	7	94.28± 6.17	20	83.81± 6.77	1.00±0.32	20	0	20	0	20	0
P_2/P_4 F_2	316	88.58±15.16	322	77.32±11.35	1.11±0.58	242	78	223	97	223	0

[1] Calculated after scale transformation by arcsin.

[2] Observed number of plants.

。內外穎顏色以四個親本相對比值，Zhen Shan 97A 爲 9，臺農秈育172爲6, V20A爲3,臺農秈育178爲0。供試雜種F_1的莖基色、稃尖色和柱頭色都呈紫色，顯示紫色在這些部位的表現是顯性的；其內外穎顏色則有偏向父本的趨勢。

稔性恢復基因的作用性質

臺農秈育172可恢復Shen Shan 97A的花粉率至94.85%（F_1），結實率至75.99%（F_1），可恢復V20A的花粉率至93.70%（F_1），結實率至79.48%（F_1）；臺農秈育178可恢復 Zhen Shan 97A 的花粉率至90.82%（F_1），結實率至89.41%（F_1），而可恢復 V20A的花粉率至 94.28%（F_1），結實率至83.81%（F_1）。除以臺農秈育178爲父本組合F_1的花粉率較原父本稍低外，雜交F_1的花粉率和結實率都較其父本爲高，且由此 4 個F_2集團的個體樣品計算花粉率與結實率間的相關（如表 6 和圖 3）結果顯示：Zhen Shan 97A/臺農秈育172 F_2 集團的花粉率和結實率的相關係數爲 0.7358，其相關分布的迴歸方程式爲$Y=29.2546+0.5571X$；Zhen Shan 97A/ 臺農秈育178 F_2集團的花粉率和結實率的相關係數爲0.4452，其相關分布的迴歸方程式爲 $Y=49.2532+0.3137X$ ；V20A/臺農秈育

172 F_2集團二性狀間的相關係數為0.7613，其相關分布的迴歸方程式為Y＝26.3436＋0.5198X；V20A/臺農秈育178 F_2集團二性狀的相關係數為 0.5422，其相關分布的迴歸方程式為Y＝35.4986＋0.4714X，皆達極顯著之水準，顯示供試的稔性恢復親均具有完全顯性的稔性恢復基因、且其作用是孢子體型而非配子體型，與前人報告符合[7,8,16]。

圖1之各組合F_2花粉率的頻度分布顯示，臺農秈育178為父本組合的頻度分布皆較以臺農秈育172為父本組合者偏於高花粉粒之方向，且與親本間差異的趨勢一致；母本相同二組合的頻度分布差異甚大，但父本相同二組合的頻度分布則較相似，顯示具稔性恢復系統的父本對稔性頻度的分布有舉足輕重的影響力。各組合F_2結實率的頻度分布（圖2）趨勢一如花粉率，臺農秈育 178 為父本組合的頻度

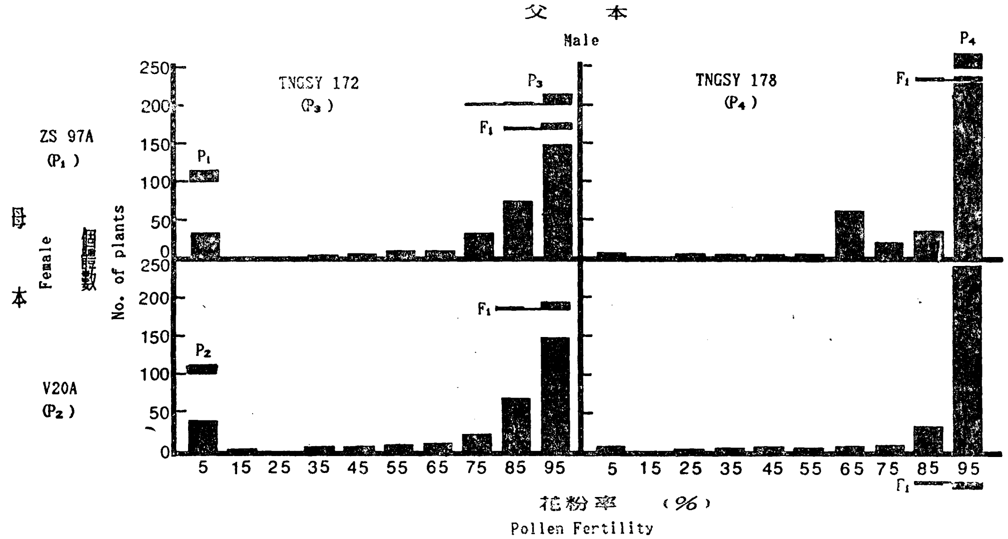


圖1. 稻雄不稔系與稔性恢復系雜交的四個F_2集團花粉率的頻度分佈

Fig. 1. Frequency distribution of pollen fertility of 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines in rice.

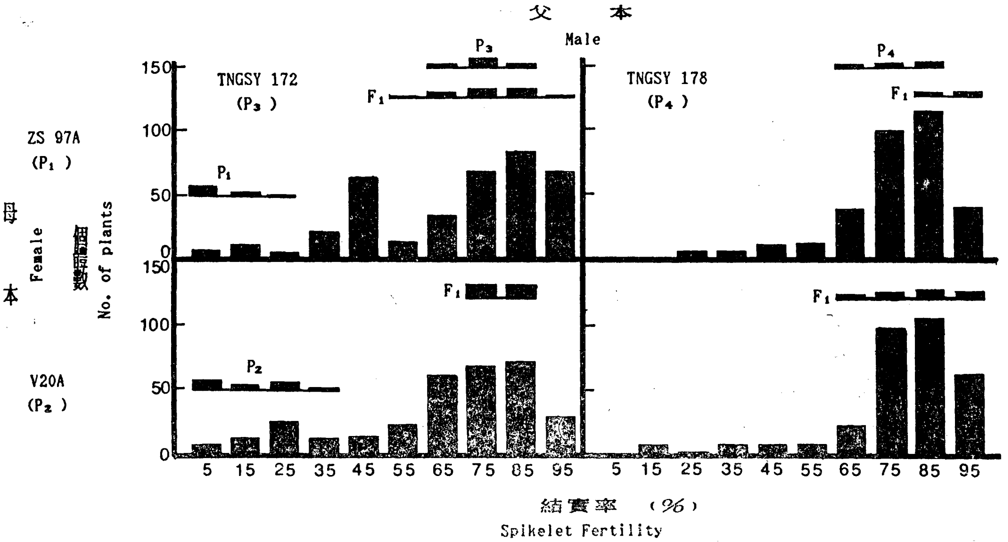


圖2. 稻雄不稔系與稔性恢復系雜交的四個F_2集團結實率的頻度分佈

Fig. 2. Frequency distribution of spikelet fertility of 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines in rice.

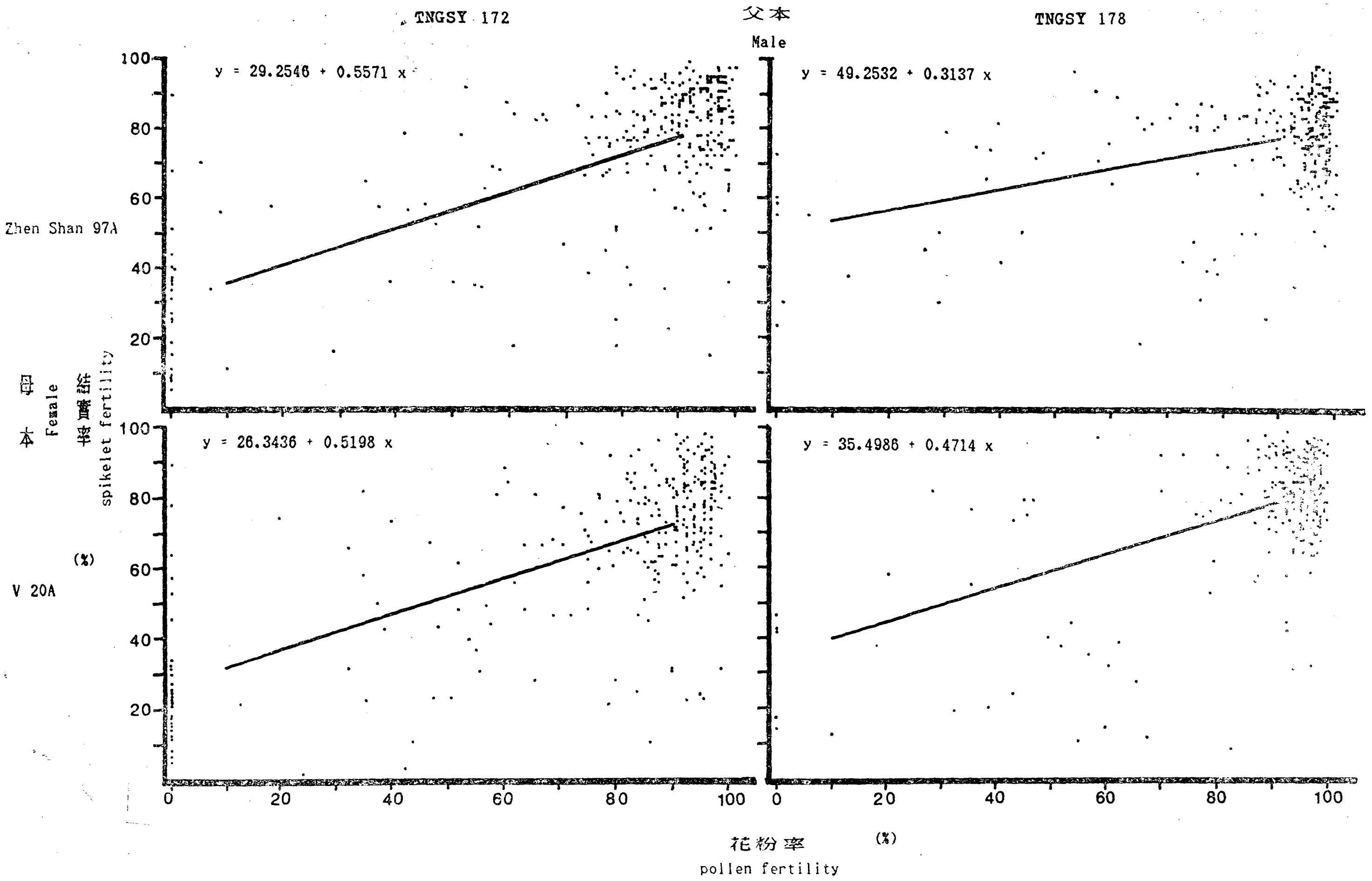


圖3. 稻雄不稔系與稔性恢復系雜交的四個F_2集團花粉率與結實率的相關分佈

Fig. 3. Correlation between and scarttering diagram of pollen fertility and spikelet fertility of 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines in rice.

分布較臺農秈育 172爲父本者偏向高結實率；二個母本對結實率的分布稍有影響，但仍遠不如父本的影響力。

按理推論，不同不稔系具有同一型細胞質，對同一稔性恢復系之反應，應不會有太大的差異，但事實上，可恢復Zhen Shan 97A稔性的稔性恢復親對於其它同屬 WA 型細胞質的雄不稔品系，不見得有相同的恢復能力[2]。由表 6 和圖 3 的資料比較，就父本言，以臺農秈育 172爲父本的組合在花粉率與結實率之間有較高的相關；就母本言，以 V20A 爲母本的組合在此二性狀間有較高的相關，顯然稔性恢復基因在F_2集團的花粉率和結實率的作用上，相當受親本基因型的影響。

雖然供試F_2集團之花粉率與結實率兩者有極顯著的相關，但由兩者之分布圖可發現少數個體之花粉率與結實率恰好呈負相關。花粉率高而結實率低者可能是該株的基因型組合對環境不適應或雌蕊器官發育不正常所至。花粉稔性低而結實率偏高者可能是由於天然雜交造成。

父本的稔性恢復基因對數之估算

以酒井氏方法從花粉率和結實率的遺傳變方資料估算稔性恢復基因的對數如表 2：根據花粉率的

表2. 以Sakai氏法（1952）的遺傳變方估算細胞質雄不稔稔性恢復基因之數目（TARI, 1985）

Tab. 2. Estimated number of Rf-genes in rice by Sakai (1952) genetic variance method.

Cross Combination		Estimated Gene Number	
CMS Female	Rf Male	Pollen Fertility	Spikelet Fertility
Zhen Shan 97A	TNGSY 172	2.99	2.49
Zhen Shan 97A	TNGSY 178	4.16	13.89
V20A	TNGSY 172	2.41	2.40
V20A	TNGSY 178	5.83	8.34

資料於臺農秈育172可能具有稔性恢復基因 2 至 3 對，臺農秈育178有 4 至 6 對。若根據結實率的資料估算，則臺農秈育172可能有 2 至 3 對而臺農秈育178有 8 至13對。

綜合花粉率、結實率的頻度分布（圖 1 、 2 ）和酒井氏法估算所得的基因對數，假設臺農秈育172具有 3 對顯性的細胞質雄不稔性之稔性恢復基因，而臺農秈育178具有 4 對顯性的細胞質雄不稔性之稔性恢復基因，且基因間具有互補及相加等作用。當表現型僅具有一個顯性稔性恢復基因時，其恢復能力很弱或近乎無能力。當表現型具有兩個顯性的稔性恢復基因時，因互補作用而恢復能力提高至45%以上。當表現型具有三個或以上的顯性的恢復基因時，因加性作用使恢復能力提高至原親本的水準。以此假設之條件推論：臺農秈育172爲父本的雜交組合 F_2 的理論分離比應爲1：3：3：3：9：9：9：27，按前述條件下顯出的表現型理論分離比則爲10：54（無顯性基因和一個顯性基因：兩個和三個顯性基因）或爲10：27：27（無和一個顯性基因：兩個顯性基因：三個顯性基因）。以臺農秈育178爲父本的雜交組合 F_2 的理論分離比應爲1：3：3：3：3：9：9：9：9：9：9：27：27：27：27：81，上述假設條件下的表現型理論分離比則爲13：243（無顯性基因和一個顯性基因：兩個以上的顯性基因）或爲13：54：189（無和一個顯性基因：兩個顯性基因：三個以上的顯性基因）。在上述假設的條件，參照頻度分布圖，將花粉率以45%爲基準劃分成理論分離比各爲10：54及13：243或以45%、91%爲基準劃分成理論分離比10：27：27及13：54：189，並做各分離組的實測頻和度理論頻度的卡方適合性測驗，結果示如表 3 。無論是以45%爲基準劃分成爲假設理論比10：54或13：243，或是以45%和91%爲基準劃分成爲假設的理論比10：27：27或13：54，：189適合性測驗的卡方值都未達 5 %機率顯著水準，符合於假設。

表3. 稻細胞質雄不稔系與稔性恢復系雜交4個F_2集團的花粉率與理論分離比之適合性測驗（TARI, 1985）
Tab. 3. Chi-square test for fitness of observed and theoretical segregation ratios of pollen fertility in 4 F_2 populations of cytoplasmic male sterile lines crossed with Rf lines.

Cross Combination		Segregation of Pollen Fertility						
CMS Female	Rf Male	I[1]		X^2	II[1]			X^2
		0-45%	45-100%	(probability)	0-45%	45-91%	91-100%	(Probability)
Theoretical Segregation Ratio of 3 pairs of Rf Gene		(10	: 54)		(10	: 27	: 27)	
Zhen Shan 97A	TNGSY 172	41	270	1.2273 (.30-.20)	41	134	136	1.4217 (.50-.40)
V20A	TNGSY 172	54	262	0.4084 (.60-.50)	54	130	132	0.5284 (.80-.70)
Theoretical Segregation Ratio of 4 pairs of Rf Gene		(13	: 243)		(13	: 54	: 189)	
Zhen Shan 97A	TNGSY 178	18	296	0.1597 (.70-.66)	18	72	224	1.0305 (.60-.50)
V20A	TNGSY 178	17	299	0.0135 (.95-.90)	17	66	233	0.0634 (.98-.95)

[1] I represents the classification of pollen fertility based on the asumption of<=1Rf : >=2Rf, and II represents based on<=1Rf : 2Rf : >=3Rf.

結實率的分離情況較花粉率來的複雜一些，母本已有相當的影響，使分離組劃分的基準不像花粉率的劃分基準那樣單純。由於母本的影響，Zhen Shan 97A爲母本的組合以45%、V20A爲母本的組合以40%爲基準，將兩組的比率劃分成10：54及13：243。若再細分成10：27:27或13：54：189三種分離

表4. 稻細胞質雄不稔系與稔性恢復系雜交4個F_2集團的結實率與理論分離比之適合性測驗（TARI, 1985）
Tab. 4. Chi-square test for fitness of observed and theoretical segregation ratios of spikelet fertility in 4 F_2 populations of cytoplasmic male sterile lines crossed with Rf lines.

Cross Combination		Segregation of Spikelet Fertility			
CMS Female	Rf Male	I[1]	X^2	II[2]	X^2
		0%…[X]…100%	(probability)	0%…[X]…[Y]…100%	(Probability)
Theoretical Segregation Ratio of 3 pairs of Rf Gene		(10 : 54)		(10 : 27 : 27)	
Zhen Shan 97A	TNGSY172	[X=45] 48 276	0.1057 (.80-.70)	[X=45] [Y=83] 48 140 136	0.2198 (.90-.80)
V20A	TNGSY172	[X=40] 56 265	0.6748 (.50-.40)	[X=40] [Y=75] 56 130 135	0.8992 (.70-.60)
Theoretical Segregation Ratio of 4 pairs of Rf Gene		(13 : 243)		(13 : 54 : 189)	
Zhen Shan 97A	TNGSY178	[X=45] 15 307	0.0467 (.90-.80)	[X=45] [Y=72] 15 66 241	0.2112 (.90-.80)
V20A	TNGSY178	[X=40] 18 304	0.0850 (.80-.70)	[X=40] [Y=75] 18 72 232	0.5490 (.80-.75)

[1] I represents the classification of pollen fertility based on the asumption of<=1Rf : >=2Rf, and II represents based on<=1Rf : 2Rf : >=3Rf.

比，則於V20A爲母本組合的劃分基準各爲40%和75%，但於 Zhen Shan 97A 爲母本的組合甚難以同一基準再加以細分，僅能勉强於Zhen Shan 97A／臺農秈育172的組合以45%和83%的基準，而於Zhen Shan 97A／臺農秈育178的組合以45%和72%的基準加予劃分。結實率各分離組的頻度和相對假設理論頻度之卡方適合性測驗結果如表 4 。以 45%爲基準劃分的頻度與理論比 10：54或13：243，在Zhen Shan 97A爲母本之組合的適合性測驗都未達 5 %機率的顯著水準，符合假設。以V20A爲母本的組合用40%爲基準劃分的頻度與理論比10：54或13： 243 之適合性測驗亦都未達 5 %機率之顯著水準，符合假設。又於Zhen Shan 97A／臺農秈育172組合，以45%和83%爲基準劃分的頻度與理論比10：27：27之適合性測驗，而於Zhen Shan 97A／臺農秈育178組合，以45%和72%爲基準劃分的頻度與理論比13：54：189，及以V20A爲母本的兩個組合用40%和75%爲基準劃分的頻度與理論比10：27：27或13：54：189的適合性測驗的卡方值都未達 5 %機率顯著水準，符合假設。

又假設兩父本的稔性恢復能力皆受兩對基因控制，且這兩對基因都爲完全顯性時，F_2集團不稔株（低於45%）與稔性株的分離比應爲 1 ：15；或一對完全顯性而另一對爲不完全顯性時，則F_2集團不稔和半不稔株（低於75%）與稔性株的分離比應爲 4 ：12。由此假設的頻度與實測頻度之卡方適合性測驗結果如表 5 所示。以臺農秈育 178爲父本之組合，其花粉率和結實率都可以符合於兩對完全顯性基因而分離比爲 1 ：15之假設。以臺農秈育172爲父本之組合則除以V20A爲母本時的結實率外，其餘

表5. 稻細胞質雄不稔系與稔性恢復系雜交 4 個F_2集團假設有二個Rf基因時的花粉率與結實率理論分離比之適合性測驗（TARI, 1985）

Tab. 5. Chi-square test for fitness of observed and theoretical segregation ratios of pollen and spikelet fertilities under a two gene assumption in 4 F_2 populations of cytoplasmic male sterile lines crossed with Rf lines.

Cross Combination		I[1]			II[1]		
CMS Female	Rf Male	1	15	X^2 (Probability)	4	12	X^2 (Probability)
Pollen Fertility		0–45%	45–100%		0–75%	75–100%	
Zhen Shan 97A	TNGSY 172	41	270	26.7114 (<0.0005)	67	244	1.8017 (.40–.30)
V20A	TNGSY 172	54	262	65.2185 (<0.0005)	88	228	1.5232 (.30–.20)
Zhen Shan 97A	TNGSY 178	18	296	0.0688 (.80–.70)	37	277	28.5520 (<0.0005)
V20A	TNGSY 178	17	299	0.2734 (.70–.60)	40	276	25.0168 (<0.0005)
Spikelet Fertility		0–45%	45–100%		0–65%	65–100%	
Zhen Shan 97A	TNGSY 172	48	276	42.0378 (<0.0005)	75	249	0.4998 (.50–.40)
V20A	TNGSY 172	60	261	86.9385 (<0.0005)	115	206	19.4901 (<0.0005)
Zhen Shan 97A	TNGSY 178	15	307	1.1337 (.30–.20)	47	275	18.0372 (<0.0005)
V20A	TNGSY 178	23	299	0.6037 (.50–.40)	42	280	23.9171 (<0.0005)

[1] I under an assumption of two completely dominant gene.
II under an assumption of one completely dominant gene and one partially dominant gene.

尙可符合於一對完全顯性而另一對爲不完全顯性並呈 4 ：12分離比之假設。但此兩對基因之假設所獲得之結果與前述三對及四對基因的假設相比，顯然較不周延而可信度較低。

以上試驗結果與以往的研究及其他學者的研究報告不儘相同，Huang et al[7] 指出 IR21931-78-2-2及臺農秈育15最少有 1 對顯性基因可恢復Zhen Shan 97A(WA)細胞質雄不稔的稔性。 Young

and Virmani [16] 發現IR54具有 2 對顯性獨立的基因可恢復Zhen Shan 97A 細胞質雄不稔性，且其中一對的稔性恢復能力較另一對爲强。Raj and Siddiq [12] 分析10個Zhen Shan 97A 和V20A爲母本的F_2集團，發現不同的父本所具有的稔性恢復基因數並不一樣，如IR26、IR50、Pusa37-3 等均具有 1 對，Pusa 245-51-1具有互補的 2 對基因，IR19793-25-2-2-2、Mijingem、NDC 28、IET 4141、NDC30及IR9761-19-1等則有 3 對，並建議稔性恢復作用中存在著修飾基因（Modifier）的可能性。Li and Yuan [8] 分析IR24及其親緣有關品種的資料，認爲IR24具有 2 對獨立的顯性稔性恢復基因，其中一對來自Cina，另一對則來自SLO 17，它們的作用能力不一樣而有累加性的效果。各學者對WA型細胞質作用之稔性恢復基因的遺傳研究結果，有相似之處，但不儘相同。造成此種差異結論的原因，除了各試驗所用的父本材料不一樣外，稔性程度劃分的標準不一，可能使結論有所不同，如Huang et al [7] 結實率劃分的範圍是 0—40和40—100。Young and Virmani [16] 結實率劃分的範圍是 0—1、1—30、30—50及50—100。Li and Yuan [8] 除在不同母本時採用不同劃分標準外，部份母本相同而父本不同的組合劃分標準亦採機動方式，以 Zhen Shan 97A 爲母本組合的劃分範圍大致是 0、0—60、60—80、80—100。本試驗在花粉率的劃分範圍全固定於 0—45、45—91、91—100；在結實率方面，以V20A爲母本的組合固定於 0—40、40—75、75—100，以Zhen Shan 97A 爲母本的組合則採 0—45、45-X、X-100，X 隨父本之不同而稍有改變。由於結實率的表現較花粉率所受的環境影響因子爲多，如花粉率於抽穗期調查，本身是單元體，表現上自然較結實率於成熟收穫後調查及雙元結合子的表現，來的單純。除此之外，各地區不同的栽培環境及不同年期的調查資料亦可能造成結論的偏移。曾和黃 [2] 研究雜種水稻的組合力發現，不同期作環境對不同雜種組合的結實率，有不同程度的影響。Liu [10] 報告不同雜交組合對不同溫度的反應趨勢不一，使雜種的稔性於不同環境時有顯著的差異。此外，水稻品種間雜種不稔性本來就是一個複雜的遺傳現象，除稔性恢復基因作用之外，可能有配子發育基因、稔性基因、微小的染色體構造差異的影響等 [11]，除非有整體性的考慮，否則難有比較決定性的結論。利用遺傳雙方估算數量性狀的基因對數，大多數的公式都有相當嚴格的條件限制，特別是顯性、上位性及連鎖現象 [1]，但酒井氏 [6] 考慮到多數性狀遺傳之基因作用均是顯性，因此修正Castle-Wright的估算法，使無連鎖關係和上位性但有完全顯性或部份顯性的性狀亦可運用此法來估算基因對數。雖然有部分學者不盡贊同酒井氏修正的公式並懷疑其實用性 [1]，但本試驗在顯性作用前題下以酒井氏這個公式估算稔性恢復基因的對數，其結果（表 2）仍有參考價值。

稔性恢復基因與其它性狀之相關

Huang et al [7] 報告部份細胞質雄不稔的雜交 F_2世代的結實率與穀粒內外穎的顏色有相當的關連，本試驗就現有材料再觀察比較，結果如表 6 所示。除V20A／臺農秈育178組合的內外穎顏色和花

表6. 2個不稔系與 2 個Rf系雜交F_2集團的花粉率、結實率與內外穎顏色間之相關係數（TARI, 1985）
Tab. 6. Correlation coefficients between pollen fertility, spiklelet fertility and lemma-pelea color in 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines.

Character	F_2 Combination	Spikelet Fertility	Lemma-Palea Color
Pollen Fertility	Zhen Shan 97A/TNGSY 172	0.7358**	−0.1445
	Zhen Shan 97A/TNGSY 178	0.4452**	−0.0985
	V20A /TNGSY 172	0.7613**	0.1132
	V20A /TNGSY 178	0.5422**	−0.4041**
Spikelet Fertility	Zhen Shan 97A/TNGSY 172		−0.1640
	Zhen Shan 97A/TNGSY 178		0.0484
	V20A /TNGSY 172		0.0920
	V20A /TNGSY 178		−0.4496**

** p=0.01

粉率及結實率有極顯著之相關外，其餘 3 個F_2集團都無顯著的相關。就整體言，內外穎顏色與花粉率或結實率之間，並無可信賴的關連存在。 Zhen Shan 97A和V20A 兩細胞質雄不稔系的莖基，稃尖和柱頭都呈現紫色，也許這些部位的顏色與稔性恢復之間存有某些關連。稃尖色與柱頭色在本試驗 4 個F_2集團的所有樣品內都無分離個體的出現，可視爲同一基因的表現。本試驗的資料顯示（表 7）：莖基色和稃尖柱頭色各受一對主效基因控制，而紫色爲完全顯性（表 1），且莖基色與稃尖柱頭色呈

表7. 稃尖柱頭色與莖基色之遺傳分析（TARI, 1985）

Tab. 7. Genetic analysis of apiculus, stigma color and basal-leaf color.

Cross Combination[1] ♀	♂	Character	Segregating Mode (3 : 1) AA Aa aA	aa	X^2 for goodness of fitness	Probability
P_1	P_3	Apiculus, Stigma Color	231	89	1.2042	0.30–0.20
		Basal-leaf Color	239	85	0.2016	0.70–0.60
P_1	P_4	Apiculus, Stigma Color	219	102	7.5026	0.01–0.05
		Basal-leaf Color	223	97	4.5375	0.05–0.25
P_2	P_3	Apiculus, Stigma Color	237	83	0.1042	0.80–0.70
		Basal-leaf Color	242	79	0.0093	0.95–0.90
P_2	P_4	Apiculus, Stigma Color	243	79	0.0166	0.90–0.80
		Basal-leaf Color	242	78	0.0375	0.90–0.80

[1] P_1 : Zhen Shan 97A, P_2 : V20A, P_3 : TNGSY172, P_4 : TNGSY178

表8. 4 個F_2集團的莖基色與稃尖、柱頭色之連鎖遺傳（TARI, 1985）

Tab. 8. Linkage relation between basal leaf sheath color and apiculus color or stigma color in 4 F_2 populations.

Character	Phenotype ♀	♂	Segregating type AB	Ab	aB	ab	X^2 for Independent (Probability)	Crossing Over Value	X^2 for Fitnese (Probability)
Apiculus & Stigma Color Basal-leaf Color	P_1[1] Purple (AA) Purple (BB)	P_3 Green Green	225	6	10	79	240.1390 (<0.0005)	0.0483	1.9468 (0.70–0.50)
Apiculus & Stigma Color Basal-leaf Color	P_2 Purple (AA) Purple (BB)	P_3 Green Green	233	4	8	75	255.2217 (<0.0005)	0.0360	1.4728 (0.70–0.50)
Apiculus & Stigma Color Basal-leaf Color	P_1 Purple (AA) Purple (BB)	P_4 Green Green	206	11	16	86	202.1794 (<0.0005)	0.0805	8.2848 (0.05–0.02)
Apiculus & Stigma Color Basal-leaf Color	P_1 Purple (AA) Purple (BB)	P_4 Green Green	239	2	3	76	288.4326 (<0.0005)	0.0155	0.2424 (0.98–0.95)

[1] P_1 : Zhen Shan 97A, P_2 : V20A, P_3 : TNGSY172, P_4 : TNGSY178

現緊密的連鎖。在供試的4個F_2集團，莖基色與稃尖柱頭色連鎖之重組合値介於0.016至0.081之間。由於此三個性狀的表現可能爲兩個極緊密連鎖的基因控制，故對此三個性狀和花粉率或結實率的關連探討上，僅選用莖基色作代表。莖基色與花粉率的關連測驗結果如表9，與結實率的關連測驗結果如表10所示。4個F_2集團的莖基色、花粉率及結實率的獨立性卡方測驗，都未達顯著的5%機率，顯示

表9. 2個不稔系與2個 Rf 系雜交之 F_2 集團的莖基色與花粉率之獨立測驗 (TARI, 1985)
Tab. 9. Test of independence between basal-leaf-sheath color and pollen fertillity of 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines.

Character	Phenotype		Segregating type[2] (Ratio)				X^2 for Independence (Probability)	X^2 for Fitness (Probability)
	♀	♂	>AB	>Ab	aB	ab		
Pollen Fertility Basal-leaf Color	P_1 [1] msrf Purple (B)	P_3 Rf (AAA) Green	(162) 198	(54) 72	(30) 29	(10) 12	0.0259 (0.90-0.80)	2.1541 (0.60-0.50)
Pollen Fertility Basal-leaf Color	P_2 msrf Purple (B)	P_3 Rf (AAA) Green	(162) 196	(54) 66	(30) 42	(10) 12	0.0825 (0.80-0.70)	0.7615 (0.90-0.80)
Pollen Fertility Basal-leaf Color	P_1 msrf Purple (B)	P_4 Rf (AAAA) Green	(729) 204	(243) 90	(39) 13	(13) 5	0.0001 (.9995-0.99)	5.2961 (0.40-0.30)
Pollen Fertility Basal-leaf Color	P_1 msrf Purple (B)	P_4 Rf (AAAA) Green	(729) 228	(243) 69	(39) 10	(13) 7	1.9288 (0.20-0.10)	3.0962 (0.40-0.30)

1 P_1 : Zhen Shan 97A, P_2 : V20A, P_3 : TNGSY172, P_4 : TNGSY178
2 ">A"represens two and more dominant Rf genes, while"a"represents none and one dominant Rf gene.

表10. 2個不稔系與2個Rf系雜交之F_2集團的莖基色與結實率之獨立測驗 (TARI, 1985)
Tab. 10. Test of independence between basal-leaf-sheath color and spikelet fertility of 4 F_2 populations of CMS lines crossed with Rf lines.

Character	Phenotype		Segregating type[2] (Ratio)				X^2 for Independence (Probabitity)	X^2 for Fitness (Probability)
	♀	♂	>AB	>Ab	aB	ab		
Spikelet Fertility Basal-leaf Color	P_1 [1] msrf Purple (B)	P_3 Rf (AAA) Green	(162) 206	(54) 70	(30) 33	(10) 15	0.4598 (0.50-0.40)	1.1290 (0.80-0.70)
Spikelet Fertility Basal-leaf Color	P_2 msrf Purple (B)	P_3 Rf (AAA) Green	(162) 199	(54) 66	(30) 43	(10) 13	0.0093 (0.95-0.90)	0.9145 (0.90-0.80)
Spikelet Fertility Basal-leaf Color	P_1 msrf Purple (B)	P_4 Rf (AAAA) Green	(729) 212	(243) 93	(39) 11	(13) 4	0.0007 (0.99-.975)	5.0480 (0.20-0.10)
Spikelet Fertility Basal-leaf Color	P_1 msrf Purple (B)	P^4 Rf (AAAA) Green	(729) 226	(243) 76	(39) 16	(13) 2	1.1377 (0.30-0.20)	2.2542 (0.40-0.30)

1 P_1 : Zhen Shan 97A, P_2 : V20A, P_3 : TNGSY172, P_4 : TNGSY178
2 ">A"represens two and more dominant Rf genes, while"a"represents none and one dominant Rf gene.

它們是獨立的。再就配合理論分離模式的卡方適合性測驗，亦都未達顯著的5％機率，證實了莖基色、稃尖柱頭色與花粉率或結實率之間並無關連存在。由於細胞質雄不稔的稔性恢復基因有關連的研究並不多，具實用價值而可供選拔指標的性狀，到目前幾乎沒有。雖然 Huang et al[7] 曾指出莖基色、內外穎顏色和結實率似有連鎖關係存在。但本試驗的結果顯示，4個F_2組合中僅有1個其內外穎顏色與花粉率或結實率有極顯著的相關，其它組合的內外穎顏色和所有組合的莖基色、稃尖色及柱頭色與花粉率或結實率都無相關。因此以莖基色或內外穎顏色當做爲細胞質雄不稔的稔性恢復基因之指標可信度不大。供試兩細胞質雄不稔品系都具有紫色的莖基色、稃尖色和柱頭色，而這些呈色的性狀均爲顯性，故回交轉移細胞質過程中若非特別注意，則育成帶色性狀的細胞質雄不稔品系的機率將高於不帶色者。又本試驗的4個F_2集團的內外穎顏色均幾乎連續性的常態分布，可能使相關的統計結果不明確，造成部分有顯著相關而部分無相關的結果。另外，Raj and Siddiq[12] 發現可溶性蛋白質、脂酶同功酵素（esterase isoenzyme）和兩種氨基酸，proline、aspartic acid在雄不稔品系和其維持親的成熟花藥中，有顯著的差異，此項資料對雄不稔機制的研究或有所助益，但作爲育種選拔之實用價值則相當渺小。

綜合言之，同屬WA型細胞質雄不稔之兩個母本被同一父本恢復稔性之趨勢類似，但同一不稔系受不同父本恢復稔性的趨勢並不一樣。以酒井氏[6] 的遺傳變方估算稔性恢復基因對數，臺農秈育178可能最少具有四對顯性之稔性恢復基因，臺農秈育 172亦可能至少具有三對顯性稔性恢復基因。由供試材料之資料推測，這些稔性恢復基因可能有互補及相加性作用，即僅有一個顯性基因時只能恢復花粉率至45％，有二個顯性基因時可恢復稔性45％至91％，而有三個或三個以上之顯性基因時，其稔性可完全恢復至正常有如父本者。根據此項假設，以三對和四對基因的理論分離比與供試之四組F_2集團稔性的實測值比較，結果顯示花粉率的分離狀況與假設之條件相當符合，結實率的分離狀況亦大致符合。F_2集團的花粉率與結實率有極顯著的相關，但其它調查性狀與此二性狀皆無可信賴的關連。

引用文獻

1. 李成章・1983・統計在遺傳育種上之應用（三）數量性狀之有效基因數目的估計，科學農業・31：131—139。
2. 曾東海、黃貞生・1986・雜種水稻的產量與組合力・中華農業研究・36：151-163。
3. 臺灣省農業試驗所・1984・水稻雜種品種之育成・臺灣省農業試驗所72年報・pp. 11-14.
4. 臺灣省農業試驗所・1985・細胞質雄不稔秈稻稔性恢復系之檢定・臺灣省農業試驗所73年報・pp. 3-4.
5. 岡彦一・1954・雜種不稔性に依る稻品種の分類第2報栽培稻の系統發生的分化・育種學雜誌・3(3/4)：1—6。
6. 酒井寬一・1954・植物育種學・pp. 530・朝倉書店・東京。
7. Huang, C. S., T. H. Tseng and C. Liu. 1985. Inheritance of fertility restoration of cytoplasmic male sterility in Indica rice. International Rice Genetics Symposium, 21-31, May, 1985, IRRI Philippines.
8. Li, Y. C. and L. P. Yuan. 1985. Genetic analysis of fertility restoration in male sterility lines of rice. International Rice Genetics Symposium, 27-31, May, 1985 , IRRI, Philippines.
9. Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. pp. 35-54. *In* Innovative Approaches to Rice Breeding. IRRI, Los Banos, Philippines.
10. Liu, C. L. 1982. Studies of the effects of high and low temperatures on the fertility of hybrid rice. Hubei Agricultural Science. 10：1-6. (Abstract from Plant Breeding Abstracts, 1983, 53：9473) .
11. OKa, H. I. 1964 . Considerations on the genetic basis of intervarietal sterility in *Oryza sativa*. *In* Rice Genetics and Cytogenetics, R. F. Chandler ed. pp. 158-174. Elsevier, Amsterdam.
12. Raj, K. G. and E. A. Siddiq. 1984. Genetics of fertility restoration and biochemical basis of male sterility-fertility restoration system in rice. Rice Genetics Newsletter. 1：103-104.

13. Shan, J. H. 1980. Rice breeding in China. pp. 9-30. *In* Rice Improvement in China and other Asiancountries, IRRI, Los Banos, Philippines.

14. Virmani, S. S., R. C. Aquino and G. S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 63 : 373-380.

15. Virmani, S. S., R. C. Chaudhury and G. S. Khush. 1981. Current outlook on hybrid rice. Oryza 18 : 67-84.

16. Young, J. B. and S. S. Virmani. 1984. Inheritance of fertility restoration in a rice cross. Rice Genetics newsletter. 1 : 102-103.

Genetic Analysis of Fertility Restoration in Cytoplasmic Male Sterile Indica Rice[1]

C. S. Huang, T. H. Tseng, and C. G. Chern[2]

Summary

Two cytoplasmic male sterile varieties of indica rice, Zhen Shan 97A (P_1) and V20A (P_2) of WA type, were respectively crossed with two fertility restorer lines i.e.Tainung Sen Yuh 172 (P_3) and 178 (P_4), developed by TARI. The parents, F_1 s and F_2 s of four crosses, namely (P_1/P_3), (P_1/P_4), (P_2/P_3)and (P_2/P_4) were investigated for their pollen and spikelet fertilities, basal-leaf, apiculus, stigma and lemma-pelea colors. The pollen and spikelet fertilities of the F_1 s and F_2 s of the crosses having the same restorer male parent showed a similar tendency in the dominant nature of Rf genes and the pattern of segregation. In other words, different male restorers gave different patterns of segregation in these two traits, and different cms female parents gave the same pattern, probably due to their same origin of cytoplasm. At least 3 Rf genes in Tainung Sen Yuh 172 and 4 in Tainung Sen Yuh 178 were estimated by the genetic variance method proposed by Sakai (1952), however, under the assumption of complementary and additive gene effects between these fertility restorer genes. One dominant Rf gene can give the pollen fertility of only 45%, two Rf genes are active for the pollen fertility of 45% to 91% and 3 or more Rf genes give the pollen fertility of more than 91% as normal as their male parents. The observed values at all classes of pollen and spikelet fertilities in the four crosses fitted well with the theoretical segregation ratios based on the above assumption. A highly significant correlation coefficient was found between pollen and spikelet fertilities but not between other traits investigated. A close linkage with crossing over value of 1.6%-8.1% was found between the colors of basal stem and apiculus (stigma) color. The basal leaf color was apparently independent of pollen and spikelet fertilities.

1. Contribution No. 1332 from the Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Senior Agronomist, Assistant Agronomists, Departnment of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36(2)：151～164 (1987)

雜種水稻的產量與組合力[1]

曾東海　黃眞生[2]

摘要：以12個雜種 F_1 及其親本，即3個細胞質雄不稔品種的維持系和4個 Rf 親，加上對照品種臺中秈3號、臺中秈10號共21品種（系）爲材料，以逢機完全區集法設計，進行產量比較試驗，其結果摘要如下：

雜種 F_1 第二期作的產量、一穗穎花數、千粒重、抽穗期及株高等顯現正的雜種優勢；而一株穗數及稔實率，則有負的優勢表現。有4個雜種 F_1 在第二期作產量達 9t/ha 比最高產臺中秈10號增產16～21%。第一期作因有低溫的影響，以致雜種 F_1 產量均比對照品種低，顯示雜種 F_1 因早熟比普通品種（系）較易受環境影響。對環境的敏感性，因組合不同而異。雜種 F_1 第一期作稔實率對產量的路徑係數，達到極顯著水準。延遲第一期作的插秧期，可能有助於改善此敏感性之缺點。親本的一般組合力比特殊組合力高。臺農秈育172號，在兩期作都有較佳的一般組合力，可供爲雜種品種的恢復系。珍汕97A、V20A、二九南A等三個細胞質雄不稔系，兩期作的組合力不同，產量穩定性較差。

水稻雜種 F_1 具有雜種優勢首由 Jones 報告，後經由許多研究者的探討指出：水稻雜種 F_1 比一般品種增產16～63%，秧苗生長較旺盛，可節省一半左右的種子量，强壯的根系，吸收較少的氮肥與磷肥，而吸收較多的鉀肥，較耐倒伏，抗乾旱，光合作用、呼吸率及根的活力較强，易於結合抗病、抗蟲基因等特性(8,9,10,11,12,14,17,18,22)

水稻是自交作物，雌雄同花，爲去雄花費時間及勞力多，因此欲利用雜種 F_1 於商業栽培，必須利用雄不稔或自交不稔，才能達到經濟栽培之目的(7)。自1966年細胞質和遺傳基因相互作用所控制的雄不稔性被發現（Shinjyo 和 Omura）後，經多數研究者(8,9,10,11,12,13,14,16,17,21,24,26,27)不斷地探討細胞質不稔性及稔性恢復系統，供水稻雜種品種育種之用。水稻雜種 F_1 的經濟栽培於1966年在中國大陸開始，1977年栽培面積達200萬公頃，產量較普通品種增產20～30%，到1980年中國大陸栽培雜種 F_1 面積達600萬公頃，約占全大陸水稻面積之17%，每年增產400萬噸(17,26)。唯至今，在世界其他地區尚無此類雜種水稻經濟栽培的報導。

水稻雜種 F_1 之利用的基本條件是必須有（1）細胞質雄不稔系（A 系），（2）維持系（B系），（3）稔性恢復系及（4）高的外雜交率，而欲得到經濟效益，則必須研育優良的細胞質雄不稔系（含 B 系）及恢復系，探討那些細胞質雄不稔系與恢復系的組合力較强（即雜種優勢較大），研究雜種 F_1 種子的經濟生產方法及技術。本所經過多年進行有關水稻雜種 F_1 品種之研究，於民國72年提出臺農育雜種1號及2號（ZS97A/Suweon 293, ZS97A/IR4563-52-1-3-6），參加全省性秈稻區域試驗。結果兩雜種品系在不同期作與地區的表現有很大之差異。最佳的產量表現，比臺中秈3號增加100%的產量，差的減產60%；甚至在新竹、花蓮兩地，第一期作不抽穗，顯示其穩定性欠佳

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1333 號。本研究承行政院農業委員會補助（74 農建—4.1—產植—46），又得劉博士清協助統計分析，謹此申謝。

2.臺灣省農業試驗所助理研究員、研究員，臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

(4)。因而有關雜種 F_1 品種之育成，仍有待加强探討。於是本研究室積極地從事雄不稔細胞質的轉移，期育成較適應於本省的細胞質雄不稔系，並就本所育成的優良秈稻品種（系）進行恢復基因的檢交，尋找優良的恢復系，以本省育成的恢復系與細胞質雄不稔系，進行組合力測驗，期能選出雜種優勢高的組合，使本省能利用雜種品種從事商業栽培，達到提高產量，降低生產成本的目的。

材料與方法

以珍汕 97A (ZS97A)，V20A 及二九南 A (ECNA) 等 3 個細胞質雄不稔系爲母本，臺農秈育91號 (TNSY 91)、臺灣秈育115號 (TNSY 115)、臺農秈育162號 (TNSY 162)、臺農秈育172號 (TNSY 172) 4 個稔性恢復品系爲父本，雜交所得之12個雜種 F_1 及其親本（雄不稔品系即用維持系），加上臺中秈 3 號及臺中秈10號對照種，共21品種（系）參加產量比試驗。雜種 F_1 種子之獲得，係沿用慣用人工雜交方法，母本先經溫湯去雄，剪除未開穎花，剪去穎之⅓左右，後給予集團授粉、套袋，待種子成熟後收穫，最後乾燥後供試驗用。

田間設計採用逢機完全區集，二重複，小區爲 4 行區，行長 2.4m 小區面積 2.688m²，行株距爲 28×16cm，每小區種60株。以傳統高畦秧田育苗，二期作於73年 7 月27日，一期作於74年 2 月12日移植。田間之栽培管理，均按一般栽培法。調查項目爲抽穗期，株高、穗數、一穗穎花數、稔實率、千粒重及稻穀產量。

試驗結果

一、單位面積產量及農藝性狀：

73年第二期作的產量與產量構成因素及各種農藝特性之調查結果如表 1，各性狀經變方分析得悉，除供試品種（系）間的每株穗數之差異未達顯著水準外，稔實率達顯著，產量、一穗穎花數、千粒重，抽穗期、株高等在參試各品種間之差異都達極顯著之水準（表 2）。V20A/TNSY162、V20A/TNSY172、ECNA/TNSY115、ECNA/TNSY172 等 4 個雜種品系之稻穀產量較高，達 9t/ha，顯著或極顯著的優於對照品種臺中秈 3 號、臺中秈10號，亦優於其親本。雜種 F_1 以 ECNA/TNSY91 之產量最低每公頃 7,289kg，略低產於臺中秈10號，而比臺中秈 3 號略高產，唯差異都不顯著。由本期作稻穀產量顯示，雜種 F_1 水稻，在不同組合間有顯著的差異。幾個雜種 F_1 具有高產潛力，而其高產之貢獻因素，主要爲一穗穎花數。一株穗數以 ECNB 最多達15.7穗，顯著高於最少的 ZS97A/TNSY91 (9.9穗／株)，而其餘的每株穗數介於 10.4—13.6之間，但互相差異不顯著。一穗穎花數以ZS97A/TNSY162 最多達189.6粒，而以 ECNB 最少，只有66.2粒。多數雜種 F_1 的一穗穎花數顯著高於母本，而與父本相似或較高。千粒重以 V20B 最重達 32.05g，顯著的重於其他各品種（系）；千粒重最輕的是臺農秈育162號，只有 23.58g。稔實率以臺農秈育115號最高，達93.05%，其次爲臺農秈育91號 (89.79%)，最差的是 ECNA/TNSY115 及 ECNA/TNSY162 只有 65.04%及64.83%。雜種 F_1 的稔實率，皆比其親本低，而不同組合間其降低的幅度有顯著的差異。抽穗期最早的是 ECNB，其次爲 V20B 及 ZS97B，臺中秈 3 號最遲抽穗。雜種 F_1 的抽穗期介於61～70天間，其抽穗期與其親本中較遲抽穗的父本相似。以臺農秈育91及115號爲親本之雜種 F_1 都比其 Rf 親本早抽穗，而以臺農秈育162及172號爲親本之雜種 F_1 都比其 Rf親本遲抽穗。株高方面亦以 ECNB 最矮，只有 74.7cm，其次爲 V20B、ZS97B 分別爲81.8 及 91cm。株高最高的是臺農秈育172號，有 118.5cm，其次爲 ZS97A/TNSY172、ZS97A/TNSY162、臺中秈10號，各爲113.8、112.4及111.4cm。雜種 F_1之株高，與抽穗期同樣，與植株較高的父本相似。

74年第一期作之產量及各農藝性狀之結果如表 3，由變方分析顯示（表 2），參試各品種間，除每株穗數差異不顯著外，其餘各項性狀之差異都達極顯著水準。稻穀產量以臺農秈育91號最高，其次爲臺農秈育115號，分別爲8,376及 8,323kg/ha。產量最低的是 ECNB，每公頃只有4,177kg。雜種

表1. 雜種 F_1 水稻第二期作之產量及農藝性狀與親本及對照品種之比較（1984Ⅱ農試所）

Table 1. Yield and some agronomic characters of F_1 hybrids in comparison with their parents and check varieties (TARI 1984 Second crops)

品種[1] Hybrids[1] or Varieties	產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-set (%)	抽穗期 Days to Heading (days)	株高 Plant height (cm)
F_1 hybrids							
ZS7A/TNSY91	7,812	9.9	140	29.2	84	62.0	100
ZS97A/TNSY115	7,987	10.4	129	29.4	79	62.5	105
ZS97A/TNSY162	8,797	12.3	190	26.9	70	73.0	112
ZS97A/TNSY172	8,479	10.8	157	29.5	78	65.0	114
V20A/TNSY91	8,518	11.0	139	30.1	87	62.0	99
V20A/TNSY115	8,549	12.2	137	29.0	81	61.0	98
V20A/TNSY162	9,561	12.0	157	26.7	82	70.0	109
V20A/TNSY172	9,249	10.5	188	28.7	79	65.0	110
ECNA/TNSY91	7,289	10.4	154	29.6	77	62.0	104
ECNA/TNSY115	9,210	13.0	163	28.2	65	62.5	102
ECNA/TNSY162	8,664	11.5	183	27.0	65	69.0	109
ECNA/TNSY172	9,137	12.4	164	30.1	73	65.0	108
Mean	8,521	11.4	158	28.7	77	64.9	106
Parents							
ZS97B	7,109	12.5	107	28.5	88	56.0	91
V20B	6,432	10.6	109	32.1	84	53.0	82
ECNB	3,594	15.7	66	28.8	72	43.0	75
TNSY91	7,075	11.6	145	25.4	90	65.0	102
TNSY115	7,614	11.7	144	25.1	93	64.0	105
TNSY162	7,454	12.8	137	23.6	84	65.5	105
TNSY172	7,334	12.6	158	26.1	86	63.5	119
Mean	6,659	12.5	124	27.1	85	58.5	95
Commercial varieties							
TCS3	7,018	13.6	115	28	69	77.0	92
TCS10	7,904	10.9	147	26	78	71.0	111
Mean	7,461	12.3	131	27	73	74.0	102
LSD. 0.05	959	3.9	28	1	16	0.6	6
0.01	1,308	5.4	39	2	21	0.9	9

1. TNSY 爲臺農秈育，ZS97 爲珍汕 Zhen-Shan 97, ECN 二九南爲 Er-Chiu-Nan, TCS 爲臺中秈。
TNSY : Tainung Sen Yuh, ZS97 : Zhen-Shan 97, ECN : Er-Chiu-Nan, TCS : Taichung Sen.

F_1 的產量都比對照品種臺中秈 3 號，臺中秈10號低，且只有 ZS97A/TNSY172的產量其比高產親本略高外，其他各雜種 F_1都比其高產親本低。ZS97A/TNSY91, ZS97A/TNSY115, V20A/TNSY91 及V20A/TNSY115 等 4 個雜種 F_1 之產量，甚至比其低產親本 ZS97B 或 V20B 還低。雜種 F_1 在本期作之表現，與 73 年二期作完全不同。主要是受一穗穎花數及稔實率降低之影響。一株穗數以 ECNB 及 V20B 最多，均爲 18.2 穗／株，其次爲 V20A/TNSY91 (17.9穗／株），最少的是 ZS97A/TNSY91 及臺中秈10號，每株只有11.6穗，其餘每株均有 12.2～17.1穗。一穗穎花數以臺中秈10號、ZS97A/TNSY91、ZS97A/TNSY115 最多，分別爲 159.8、152.2及150.8粒；最少的 ECNB 及 V20B，分別爲 60.7及74.4粒。雜種 F_1 的穎花數因組合之不同而有顯著的差異，分別與其親本比較，有的較多，有的較少。一般而言，本期作的一穗穎花數比第二期作少。千粒重以 V20A/TNSY172、ECNA/TNSY172 及 ZS97A/TNSY172 較重，分別爲31.3、31.1及 30.4g。最輕的是臺農秈育162、91及115號，分別爲22.3、24.7及 24.8g。雜種 F_1 中，在相同母本中，其千粒重以臺農秈育162及172號爲父本者比以臺農秈育91及115號爲父本者重。稔實率以 ZS97A/TNSY 172爲最高達89.95%，V20A/TNSY91爲最低只有37.84%，差異極爲顯著。雜種 F_1 之稔實率在本期作除 ZS97A/TNSY162、ZS97A/TNSY172 較爲正常外，其他各組合之 F_1 皆顯著偏低，組合間差異顯著。而在同母本中，其稔實率以臺農秈育162及172號爲父本者比以臺農秈育91及115號爲父本者高，表現與千粒重相似。抽穗期以臺農秈育115號最遲，移植後約94天才抽穗，最早的爲 ECNB，70天就抽穗。雜種 F_1 的抽穗期介於78～86天，其抽穗期受父本之影響較大。以臺農秈育91及115號爲父本者，較以臺農秈育162及172號爲父本者較遲抽穗。株高以臺中秈10號、臺中秈 3 號較高，分別爲106.8及 101.9cm；而以 V20B 最矮，只有 62.2cm；雜種 F_1 間之株高差異顯著介於 76.5～92.8cm，接近植株較高的父本多但都略矮。綜合本試驗之第二及第一期作之結果（表 1，3），雜種 F_1 在第一期作比第二期作平均減產 2,092kg/ha。其原因爲每穗穎花數減少40.8粒，稔實率降低15.48%。對照品種臺中秈 3 號及臺中秈10號，在第一期作比第二期作平均增產662.7kg/ha，其增產的原因是每株穗數、一穗穎花數、稔實率分別增加0.8穗，6.3粒及10.9%。

表2. 水稻之產量及農藝性狀之變方分析（1984Ⅱ及1985Ⅰ農試所）

Table 2. Analysis of varince for grain yield and some agronomic characters of rice (TARI 1984 II and 1985 I)

變因 Source of Variation	自由度 D. F.	均方 Mean Square 產量 Grain yield	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-set%	抽穗期 Days to heading	株高 Plant height
1984Ⅱ								
區集 Block	1	8,029,440**	9.90	38.67	2.15*	0.63	0.09	36.77
品種 Variety	20	3,405,801**	3.60	1,675.63**	8.30**	127.12**	101.56**	224.00**
機差 Error	20	211,227	3.03	185.72	0.38	55.42	0.09	8.97
1985Ⅰ								
區集 Block	1	1,170,002	4.40	70.02	0.12	28.69	0.00	7.20
品種 Variety	20	2,484,714**	9.43	1,311.33**	10.49**	442.77**	74.82**	234.32**
機差 Error	20	504,404	4.91	119.37	0.45	52.48	1.10	10.33

表3. 雜種F₁水稻第一期作之產量及農藝性狀與親本及對照品種之比較（1985 I 農試所）

Table 3. Yield and some agronomic characters of F_1 hybrids in comparison with their parents and check varieties (TARI 1984 Frist crops)

品種[1] Hybrids[1] or Varieties	產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-set (%)	抽穗期 Days to Heading (days)	株高 Plant height (cm)
F_1 hybrids							
ZS97A/TNSY91	6,468	11.6	152	28.1	58	86.0	92
ZS97A/TNSY115	6,675	12.4	151	28.4	59	86.0	93
ZS97A/TNSY162	6,792	12.2	115	29.5	80	80.0	83
ZS97A/TNSY172	7,910	12.4	118	30.4	90	80.5	83
V20A/TNSY91	5,533	17.9	108	28.2	38	86.0	82
V20A/TNSY115	5,118	17.1	104	28.0	40	85.5	84
V20A/TNSY162	6,753	15.7	93	29.6	68	78.5	77
V20A/TNSY172	7,172	16.0	87	31.3	70	78.0	82
ECNA/TNSY91	6,425	12.9	137	28.7	54	86.0	89
ECNA/TNSY115	6,457	14.6	136	27.3	49	84.5	90
ECNA/TNSY162	5,995	12.7	116	29.7	61	78.5	80
ECNA/TNSY172	5,844	14.5	95	31.1	68	78.5	87
Mean	6,428	14.2	118	29.2	61	82.3	85
Parents							
ZS97B	6,760	13.9	96	28.1	75	81.5	78
V20B	5,708	18.2	74	29.6	73	74.0	62
ECNB	4,177	18.2	61	28.2	61	70.0	65
TNSY91	8,376	12.7	138	24.7	82	90.5	96
TNSY115	8,323	13.3	124	24.8	81	93.5	99
TNSY162	6,968	12.7	120	22.3	82	86.5	88
TNSY172	7,670	15.2	117	26.1	78	85.5	92
Mean	6,854	14.9	104	26.3	76	83.1	83
Commercial varieties							
TCS3	8,004	14.5	115	26.6	83	92.0	102
TCS10	8,243	11.6	160	25.3	86	92.5	107
Mean	8,124	13.1	138	25.9	84	92.3	104
LSD. 0.05	1,482	5.5	23	1.4	15	2.2	7
0.01	2,021	7.4	31	1.9	21	3.0	9

[1]同表1 [1]. As tabel 1

二、產量構成因素對產量之路徑分析：

使用前述兩期作各參試品種（系）之產量及產量構成因素資料，依雜種及普通品種（系）兩類，分別進行產量構成因素對產量之路徑分析（表4）及其複迴歸分析（表5）。表4顯示，產量構成因素對產量的影響，因類型（雜種或普通品種）及期作之不同而有異；一般而言，稔實率及一穗穎花數之貢獻分量較重，而千粒重的影響最小。第一期作雜種 F_1 的稔實率對產量的路徑係數爲 1.216，達極顯著水準，其餘因素均未達顯著水準。第二期作雜種 F_1 的產量構成因素對產量的路徑係數，均未達到顯著之水準，唯以一穗穎花數對產量的路徑係數較高。第一期作普通品種的產量構成因素對產量的路徑係數，均未達顯著水準，唯稔實率對產量之路徑係數（0.989）接近5％的顯著水準。第二期作普通品種的一穗穎花數對產量之路徑係數爲 2.702，達5％的顯著水準，而其他的產量構成因素對產量之路徑係數，均未達顯著水準。由表5之複迴歸分析結果得悉，第一期作雜種 F_1 的產量與產量構成因素的相關性較高，其產量可經由產量構成因素估算得知，但第二期作以產量構成因素估算產量之準確性不可靠。普通品種的產量在兩期作都可經由產量構成因素估算而得知，唯其準確性比以「產量構成因素來估算第一期作雜種 F_1 的產量」低。以上分析結果指示，普通品種的產量影響因素以一穗穎花數爲大，與過去試驗結果互相吻合，但在雜種品種除受一穗穎花數影響外，更受稔實率的影響。是否稔性恢復基因之作用與氣候互相作用，而引起此結果猶待進一步之探討。

表4. 雜種品系與商業品種的產量構成因素之路徑分析

Table 4. Path analysis of yield components of hybrid and commercial rices

品 種 Entry	雜 種 Hybrid			商業品種 Commercial		
期 作 Crops	II	I	I+II	II	I	I+II
穗 數 Panicles/plant	0.2708	0.5075	0.2364	1.2421	− 0.5362	0.4720
穎花數 Spikelets/panicle	0.3962	0.5071	0.6382**	2.7021*	− 0.4776	1.3459*
千粒重 Grain weight	− 0.2235	− 0.0615	− 0.0736	1.0208	− 0.0260	0.1675
稔實率 Seed-set%	0.0634	1.2159**	0.7067**	− 0.4652	0.9888	− 0.0554

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, repectively.

表5. 雜種品系與商業品種的產量之複迴歸分析

Table 5. Multiple regression analysis of yield components of hybrid and commercial rices

品 種 Strains	期 作 crops	複迴歸方程式[1] Multiple Regression Equation[1]	R^2
雜 種 Hybrid	I	$Y=-137.39+139.19X_1+17.07X_2-35.75X_3+59.39X_4$	0.916**
	II	$Y=8{,}375.62+100.64X_1+12.86X_2-117.78X_3+5.86X_4$	0.609
	I+II	$Y=-152.83+113.76X_1+28.36X_2-76.15X_3+65.63X^2$	0.907**
商業品種 Commercial	I	$Y=-953.58-245.93X_1-22.11X_2-17.50X_3+189.00X_4$	0.968*
	II	$Y=-24{,}957.00+768.68X_1+120.85X_2+513.12X_3-73.68X_4$	0.952*
	I+II	$Y=-4{,}634.07+213.35X_1+59.99X_2+93.27X_3-9.24X_4$	0.857**

1. Y：爲產量，$X_{1,2,3,4}$分別爲穗數、穎花數、千粒重、稔實率的值。
Y：Grain yield. $X_{1,2,3,4}$：panicles/plant, spikelets/panicles, grain weight and seed-set, repectively.
2. R：爲複相關係數。
R: Multiple Correlation Coefficient.

三、雜種優勢：

爲了解雜種 F_1 的雜種優勢之程度，將本試驗雜種 F_1 之產量及農藝性狀，分別與其兩親本及兩親中間值比較，結果示如表 6 。一般而言，雜種 F_1 在產量、一穗穎花數、千粒重、抽穗期及株高等

表6. 雜種 F_1 的產量及農藝性狀與親本比較

Table 6. Comparison of grain yields and some agroaomic characters between F_1 hybrid and their parents

雜種 F_1 的表現 F_1 s performance	期作 Crops	雜種 F_1 組合數 No. of F_1 combinations						
		產量 Grain yield	穗數 Panicles/plant	穎花數 Spikelets/panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-tse	抽穗期 Heading days	株高 Plant height
超過較優親本 Higher than higher parent	I	1	0	4	9	1	0	0
	II	12	1	7	5	0	6	4
介於較優親本與親本中間值間 Between higher and mid-parent	I	5	3	6	3	1	7	10
	II	0	1	5	5	0	6	8
介於親本中間值與較劣親本間 Between mid-and lower parent	I	2	4	2	0	2	4	2
	II	0	2	0	2	3	0	0
低於較劣親本 Lower than lower parent	I	4	5	0	0	8	1	0
	II	0	8	0	0	9	0	0
合計 Total	I	12	12	12	12	12	12	12
	II	12	12	12	12	12	12	12

表7. 雜種 F_1 水稻產量之雜種優勢 (1984 II 及 1985 I 農試所)

Table 7. Heterobeltiosis and standard heterosis of F_1 hybrids of rice in grain yield (1934 II and 1985 I TARI)

親本 Parent	與高產親本比較 (%) Heterobeltiosis (%)				與臺中秈10號比較 (%) Standard heterosis over TCS10 (%)			
	ZS97A	V20A	ECNA	Mean	ZS97A	V20A	ECNA	Mean
1984 II								
TNSY 91	+9.90	+20.39*	+3.02	+11.10	−1.16	+7.77	− 7.78	− 1.17
TNSY115	+4.90	+12.28	+20.97*	+12.72	+1.06	+8.16	+16.53*	+ 8.58
TNSY162	+18.02*	+28.26*	+16.23*	+16.36	+11.31	+20.97*	+ 9.62	+ 9.75
TNSY172	+15.61*	+26.10*	+24.58*	+22.10	+7.28	+19.02*	+15.61*	+13.97
Mean	+12.11	+18.40	+16.20	+15.57	+4.62	+10.82	+ 8.50	+ 7.78
1985 I								
TNSY 91	−22.21*	−33.45**	−23.29*	−29.98	−21.54	−32.88**	−22.06*	−25.49
TNSY115	−19.80	−38.50**	−22.42*	−26.91	−19.03	−37.91**	−21.67	−26.20
TNSY162	− 2.52	− 3.08	−13.96	− 6.52	−17.60	−18.08	−27.27**	−20.98
TNSY172	+ 3.13	− 6.49	−23.80*	− 9.05	− 4.05	−13.99	−29.10**	−15.71
Mean	−10.35	−20.38	−20.87	−18.11	−15.56	−25.72	−25.03	−22.10

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

均有正的雜種優勢；而在一株穗數及稔實率等，則趨於雜種劣勢。由雜種 F_1 品系與其高產親本及臺中秈10號之產量比較（表7），顯示期作對 F_1 有顯著的影響， F_1 品系間亦有明顯的差異。在第二期作，V20A/TNSY162、V20A/TNSY172、ECNA/TNSY115 及 ECNA/TNSY91等 4 個雜種 F_1 之產量不但比其高產親本增產 20.97～28.26%，且比最高產的對照品種臺中秈10號增產15.61～20.97%，其差異達顯著水準。產量最低的 ECNA/TNSY91，雖較臺中秈10號低產，但比其高產親本還高產，唯差異不顯著。在第一期作雜種 F_1 的產量都較對照品種低，減產 4～38%。V20A/TNSY115等 5 品系比對照種低產幅度大，差異達顯著或極顯著之水準。其他 F_1 與臺中秈10號無顯著之差異。本期作之雜種 F_1 的產量雖都較對照品種低，但 ZS97A/TNSY172 的產量却高於高產親本，V20A/TNSY 172 等5 品系之產量高於其兩親中間值，顯現某種程度的雜種優勢。

四、組合力

12個 F_1 品系乃來自 3 個 CMS 品系及 4 個 Rf 品系之雜交。為明瞭各親本的影響程度，就雜種 F_1 部份之資料進行變方分析（表8.）。其中父本或母本變因表示其影響之程度是否達顯著之水準。第二期作 F_1 產量受父本的影響極為顯著，母本的影響也顯著；但第一期作只有母本帶給 F_1 產量有顯著之差異。兩親本的交感效應只有第二期作的株高和抽穗期兩項，達到顯著或極顯著水準，顯示特殊組合效應偏低。父本間的產量差異只在第二期作極顯著而母本間的產量差異在兩期作均顯著（表8.），可見對父母本之選拔應該偕有效。且對母本的選拔較對父本之選拔效率高。合併同一父本或母本之 F_1 品系，計算其各項調查資料之平均值（表9.），以便估算各親本的一般組合力。表9.顯示，臺農秈育162號及172號為父本的 F_1 平均產量都較高，而臺農秈育91號為父本的 F_1 平均產量在兩期作都顯著偏低；顯示在 4 個父本中，臺農秈育162號及172號兩親本，具有較高的一般組合力。而臺農秈育91號的一般組合力最差；在母本方面，以 V20A 為母本的 F_1 第二期作的平均產量最高，而第一期作却最低。珍汕 97A 之表現正好相反，即第二期作 F_1 的平均產量最低而第一期作則最高，

表8. 雜種F_1 水稻之產量及農藝性狀之變方分析（1984Ⅱ及 1985Ⅰ農試所）

Table 8. Analysis of varince for grain yield and some agronomic characters of F_1 hybrids rice (TARI 1984 Ⅱ and 1985 Ⅰ)

變因 Source of Variation	自由度 D. F.	F 值 Values of F						
		產量 Grain yield	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight	稔實率 Seed-set%	抽穗期 Days to heading	株高 Plant height
1984 Ⅱ								
Varieties	(11)	4.367*	1.50	4.422*	11.073**	1.948	385.04**	24.86**
Male	3	8.235**	2.20	9.463**	35.195**	2.332	1,322.33**	73.30**
Female	2	4.947*	1.45	1.887	0.121	5.873*	40.15**	12.21**
M×F	6	2.240	1.17	2.746	2.663	0.448	31.35**	4.87*
1985 Ⅰ								
Varieties	(11)	3.112*	1.44	6.286**	7.920**	6.719**	29.51**	5.75**
Male	3	2.850	0.21	9.901**	26.992**	16.150**	103.44**	11.50**
Female	2	4.785*	6.89**	17.404**	0.161	10.133**	4.39*	10.96**
M×F	6	2.685	0.24	0.772	0.970	0.866	0.92	1.13

*，**分別達0.05及0.01顯著水準。

*, **Significant at 0.05 and 0.01 levels of probability, repectively.

表9. 雜種F1 水稻之產量及農藝性狀之一般組合力（1984 II及1985 I 農試所）

Table 9. The general combining ability for yield and some agronomic characters in F_1 hybrids rice (TARI 1984 II and 1985 I)

親本 Parents		產量 Grain yield (kg/ha)	穗數／株 Panicles per plant	穎花數／穗 Spikelets per panicle	粒重 Grain weight (mg)	稔實率 Seed-et (%)	抽穗期 Days to heading (days)	株高 Plant height (cm)
1984 II								
	TNSY91	7,872[1] b[2]	10.4 b	144 b	29.6 a	83 a	62.0 c	101 b
Male	TNSY115	8,582 a	11.9 ab	143 b	28.9 b	75 ab	62.0 c	101 b
	TNSY162	9,007 a	11.9 a	176 a	26.8 c	72 b	70.7 a	110 a
	TNSY172	8,955 a	11.2 ab	170 a	29.5 ab	77 ab	65.0 b	111 a
	ZS97A	8,269 b	10.9 a	154 a	28.7 a	78 ab	65.6 a	108 a
Female	V20A	8,969 a	11.4 a	155 a	28.6 a	82 a	64.5 b	104 c
	ECNA	8,575 ab	11.8 a	166 a	28.7 a	70 b	64.6 b	106. b
1985 I								
	TNSY91	6,142 b	14.1 a	132 a	28.4 c	50 b	86.0 a	88 a
Male	TNSY115	6,083 b	14.7 a	130 a	27.9 c	49 b	85.3 a	89 a
	TNSY162	6,513 ab	13.6 a	108 b	29.6 b	70 a	79.0 b	80 c
	TNSY172	6,975 a	14.3 a	100 b	30.9 a	76 a	78.8 b	84 b
	ZS97A	6,961 a	12.2 b	134 a	29.1 a	72 a	83.1 a	88 a
Female	V20A	6,144 b	16.7 a	98 b	29.3 a	54 b	82.0 b	81 b
	ECNA	6,180 b	13.7 b	121 a	29.2 a	58 b	81.9 b	86 a

1：同一親本之雜種F1之平均值。
Average values of F_1 hybrids having the same parent.

2：在單期作進行父本間或母本間之比較。相同字 母表示差異未達0.05顯著水準。
Comparison between males or females parents within a crop. The same letter indicates insignificant difference at 0.05.

顯示珍汕 97A、V20A 各分別在第一期作及第二期作有較高的一般組合力，此表示三個細胞質雄不系，對氣候環境較為敏感。各親本間的每株穗數之一般組合力差異較少，只有第一期的母本間有較明顯的差異，以 V20A 為母本者最多。4 個父本在期作間的一穗穎花數組合力的表現不一；臺農秈育91號及115號為父本的 F_1 在第二期作之平均一穗穎花數顯著地較少，而第一期作反而顯著的較多。而臺農秈育162號及172號為父本的 F_1，在兩期作之表現正好相反，即第二期作穎花數較多，第一期作却較少。3 個母本之 F_1 的平均一穗穎花數，在第二期作差異不顯著，但第一期作以 V20A為母本的 F_1 顯著的較其他為低。這顯示一穗穎花數的組合力，易受期作的影響。珍汕 97A、V20A、二九南 A 等 3 個母本的千粒重之一般組合力於兩期作的差異都不顯著，而父本間却有極顯著的差異（表 8.、9.）以臺農秈育172號為父本的 F_1 之平均千粒重兩期作都較高，而以臺農秈育91號為父本的 F_1，在第二期作有較高的平均千粒重，但在第一期作却顯著地較低，而臺農秈育 172 號在第一、二期作之平均千粒重都很高，可見臺農秈育 172 號之千粒重具有較高而穩定的一般組合力，而臺農秈育91號

之千粒重的一般組合力雖高却不穩定。第二期作各 F_1 之稔實率經變方分析的結果，父本間的平均稔實率差異不顯著，只有母本間平均稔實率達 5 %的顯著（表8.）；在第一期作，父本間及母本間的差異都達極顯著水準（表8.）。在稔實率之一般組合力方面，也有同樣趨勢，即第一期作親本間的差異較顯著，但第二期作則較小。

一般說珍汕 97A 在兩期作有較佳的一般組合力，二九南 A 在兩期作都較差，V20A 於第二期作較好，但第一期作却較差。在父本方面臺農秈育 172 號稔實率之一般組合力在兩期作都較高，而臺農秈育91號及115號在第一期作顯著偏低。以臺農秈育91號及115號爲父本的 F_1 在第二期作較早抽穗且植株也較矮；在第一期作則相反，顯示抽穗期與株高的一般組合力因父本不同而有顯著的差異，且易受環境影響。以珍汕 97A 爲母本的 F_1 在兩期作都有較遲的抽穗期與較高的株高，顯示珍汕 97 A在這兩方面的一般組合力 比 V20A 及二九南 A 高。

討　論

本試驗的結果指出，雜種 F_1 的表現因組合及期作之不同而有差異。一般而言，雜種 F_1 在產量，一穗穎花數、千粒重、抽穗期、株高等特性，均比較優親本或兩親中間值爲高，顯現正的雜種優勢，而一株穗數及稔實率則多比兩親中間值爲低，甚而比劣親本爲低，顯現負的雜種優勢（表6.）。此結果與國際稻米研究所的試驗結果是一致的 [14]。本省一、二期作的水稻，在截然不同的溫度下生長。本試驗之水稻生育溫度（每天最低溫度）如圖 1. ，第一期作營養生長期及生殖生長初期是低溫，而後變高溫；第二作則相反。雜種 F_1 在兩期作的生育型式有相當的差異，第一期作生育期較長，株高較矮，一株穗數較多，一穗穎花數較少，千粒重較重，稔實率較低，產量較少，第二期作則相反（表1.、3.）。雜種 F_1 的產量在第二期作，都比其高產親本增產。其中最高產的 V20A/TNSY162 等 4 個雜種 F_1，每公頃超過 9 噸，比其高產親本增產20.97～28.26%，亦比對照品種臺中秈10號增加15.61～20.97%。此雜種水稻之產量潛力與許多研究報告相似 [8,10,12,14,17,21,23,27] 但第一期作的產量，最高產的 ZS97A/TNSY172，却只有7,910kg/ha，比臺中秈10號減產4.05%，唯仍超過其高產親本3.13%。本期作最低產的 V20A/TNSY115，產量只有 5,118kg/ha，比其高親本減產38.5%，亦比臺中秈10號減產 37.91%；顯示雜種 F_1 的產量受栽培環境的影響很大，而不同組合的反應不一。此則與 Virmani 等報告「雜種 F_1 因組合不同，而對環境之反應不一，有的較敏感，有的則較鈍感」之結論互相吻合 [26]。引起第一期作雜種 F_1 低產的主要因素，應爲孕穗期的低溫（圖1.）

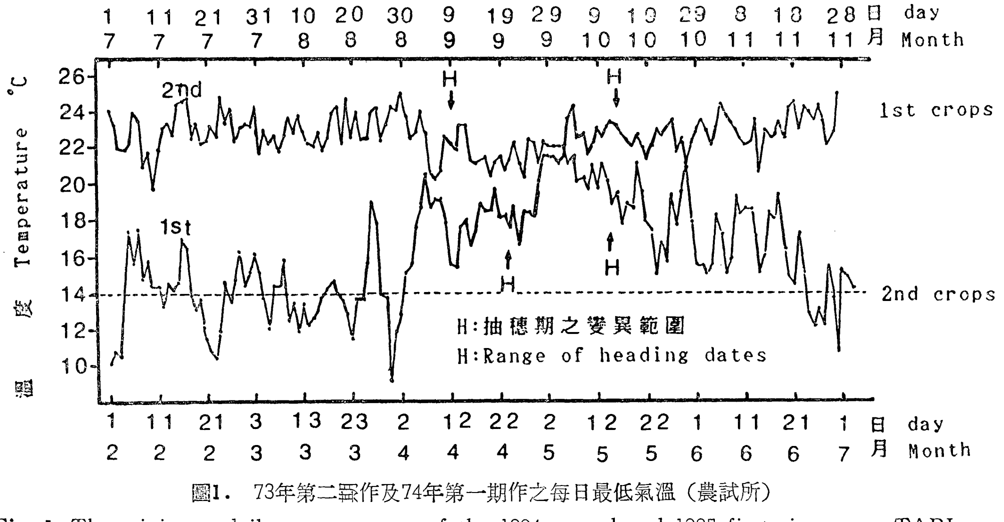


圖1. 73年第二期作及74年第一期作之每日最低氣溫（農試所）

Fig. 1. The minimum daily temperatures of the 1984 second and 1985 first rice crops, TARI.

，致使稔實率大幅降低，尤其是以臺農秈育91號及115號爲父本，或以 V20A 及二九南 A 爲母本的組合爲甚。國際稻米研究所指出雜種 F_1 的稔實率，比其親本減少 3 %[14]，而該所亦指出，稔實率受環境的影響很大； F_1 的稔實率因種植時間不同，同一組合的差距可達 6 ～60%，而一般純系品種的差距不明顯[8]。Liu報告指出，雜種品種在第一期作、、中間作及第二期作的不結實及半結實的百分率比一般品種各增加18.79%、5.06%及7.29%；其不結實百分率與開花期超過 25°C 或低於 20°C 的溫度有顯著的相關；雜種 F_1 對溫度的反應，因組合之不同而有異，可分爲高敏感型，中間型及低敏感型[16]。張氏報告指出穗數，一穗穎花數及千粒重等性狀之遺傳現象較爲複雜，且受環境之影響大[3]。由本試驗及前人的研究結果，顯示臺農秈育91號及115號、V20A 及二九南 A 等之雜農 F_1 對溫度等環境是屬於高敏感型。Murayama 指出，一種穎花數的雜種優勢較高[19]本試驗的結果，一穗穎花數及千粒重的雜種優勢較高。在第二期作12個雜種 F_1 的一穗穎花數，有 7 個超過其較優的親本，其他 5 個有超過其兩親本中間值。ZS97A/TNSY162最多達189.6粒／穗，比較優親本增加38.59%。F_1 一穗穎花數之總平均亦比穗重型的對照品種臺中秈10號多 7.8 %。在第一期作，雖然其一穗穎花數之總平均只有臺中秈10號的85.5%，但却有 4 個 F_1 超過其較優親本。另有 6 個 F_1 超過其兩親本之平均，顯現雜種優勢。稻穀產量與產量構成因素有密切之關係，王氏指出，產量與產量構成因素的相關均達顯著水準[1]。Murayama 在未調查稔實率的情形下，認爲影響產量之產量構成因素，依序爲一穗穎花數、穗數、粒重[19]曾氏報告，產量與稔實率及千粒重呈極顯著的正相關，穎花數及穗數與產量的相關不顯著[5]。據本試驗的分析結果雜種 F_1 的稔實率之路徑係數，第一期作爲1.216**，達極顯著水準，第二期作却只有 0.063，未達顯著水準。普通品種的稔實率對產量的路徑係數，一、二期作分別爲0.989及－0.465，前者接近顯著水準，後者則未達顯著水準。可見普通品種的稔實率無論是一期作或二期作均不構成限制因素，但在第一期作則成爲 F_1 品系的限制因素，因這些 F_1 均是相當早熟。一穗穎花數對產量之路徑係，一、二期作分別爲0.507及0.396，均未達顯著水準；普通品種第一期作爲－0.4776，第二期作2.7021*。千粒重及穗數對產量之路徑係數於兩期作，不論普通品種或雜種 F_1，均未達顯著水準。由這些結果顯示雜種水稻受栽培環境的影響頗大且因品種不同而異。又路徑係數分析指出，稔實率對第一期作雜種 F_1 的產量均有極顯著的正相關，故稔實率之提高是第一期作雜種 F_1 能否發揮其高產潛力的主要關鍵。提高第一期雜種 F_1 稔實率的方法，應可從兩方面著手，一爲延遲插秧期或選中晚熟組合，以避免其減數分裂期受低溫之影響；另一是尋找對低溫鈍感的組合。如此，第一期作的雜種 F_1 的產量，當亦如黃氏的報告一樣，能充分發揮其雜種優勢，表現高產的潛力[13]。本試驗各調查性狀的一般組合力大多達顯著或極顯著水準，而特殊組合力只在第二期作抽穗期與株高達極顯著或顯著，唯其變方小於一般組合力的變方，因而一般組合力高於特殊組合力（表8.）。此結果與 Shrivastava, Zhou 之結果相吻合[23,27]，唯 Khaleque 等指出，一株穗數及一穗穎花數兩性狀的特殊組合力高於一般組合力[15]。本試驗的產量之一般組合力（表9.），父本以臺農秈育 172號及 162號較優，而臺農秈育 91號及 115 號較差。按臺農秈育91號及 115 號的親源爲Milyang23/IR29，臺農秈育162號及172號均來自 F_7（CNS11/IR30)/Milyang23。前二品系的親本相同，皆係自國外引進之品種；後二品系之父本相同，亦爲國外引進種，但母本是同一雜交組合來的不同品系，這些品系是經本省環境選育過之優良品系。經過本省改良過的材料爲雜交親本之 F_1 較易適應本省的環境，組合力也比較佳。不稔系的產量之一般組合力，第一期作以珍汕 97A 較佳，第二期作却以 V20A 較好，顯示對期作不穩定。故育成較適應本省環境的優良細胞質雄不稔系是刻不容遲的工作。水稻爲本省最主要的糧食作物。依據統計，每年栽培面積達60餘萬公頃，其中第二期作的栽培面積較第一期作多約25%。秈稻第二期作低產的原因主要是由於稔實率降低（13.4%）及穎花數減少（12.5%）穗數及千粒重差異較小。稉稻則主要由於穗數減少（24%），穎花數（3.1%）及稔實率（5.5%）相差較少，千粒重則第二期作反較重[6]。根據本試驗結果，第二期作雜種 F_1 的產量比第一期作高產，其產量比同期作的臺中秈10號高，亦比第一期作的臺中秈10號高產（表1.、3.

）。綜合本試驗的結果，水稻雜種優勢是可以利用於提高單位面積產量，唯必須加强篩選優良的稔性恢復系，並育成更適於本省環境之細胞質雄不稔系；且因水稻受生長環境的影響頗大，因此無法外求，必須自己著手進行育成不稔系及稔性恢復系才能達到目的。故有關雜種水稻之研究，是本所稻作研究室的重點工作之一，期盼在不久將來，本省能正式推廣栽培雜種水稻。

參考文獻

1. 王茂康・1967・水稻產量構成因素之研究。農業研究16(1)：31—34。
2. 許東暉、洪信雄、鄧耀宗、黃眞生・1969水稻雜種優勢之研究 。(1)水稻品種間雜種第一代優勢之初步測定。農業研究18(3)： 1—17。
3. 張德梅・1971・水稻數量性狀遺傳之硏究。Ⅰ半矮性品矮性品種間之全互交。農業研究30(3)：9—26。
4. 黃眞生、陳正昌等・1983・秈稻品種區域試驗。七十二年稻作改良年報 pp. 150-155. 臺灣省政府農林廳。
5. 曾東海・1985・氮肥、行株距與每欉苗數對水稻新品種（系）產量及農藝性狀之影響。中華農業研究34(4)：410—421。
6. 萬雄・1978・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法總摘要，臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯。P. 9. 行政院國家科學委員會。臺北。
7. 趙傳纓・1953・細胞質雄不稔性在作物育種上的應用。臺灣農林11：15—17。
8. Athwal, D. S. and S. S. Virmani. 1972. Cytoplasmic male sterility and hybrid breeding in rice. pp. 615-620 (in) Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
9. Azzini, L. E. and J. N. Rutger. 1982. Amount of outcrossing on different male steriles of rice. Crop Sci. 22(5)：905-907.
10. Carnahan, H. L., J. R. Erickson., S. T. Tseng and J. N. Rutger. 1972. Outlook for hybrid rice in the USA. PP. 603-607. (in) Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
11. Craigmiles, J. P., J. W. Stansel and W. T. Flinchum. 1968. Feasibility of hybrid Rice. Crop Sci. 8：720-722.
12. Fang, C. N., X. Z. Lo., S. F. Wang andY. G. Zhu., 1982. Advances in the study of hybrid rice in China. Agricultura Sinica. 5：1-9. (Abstract) Rice Abstracts (1983) 6：2019.
13. Huang, C. S., R. H. Buu and C. C. Chen. 1984. Hybrid variety of indica rice and its yield potential. Jour. Agric. Res. 33(1)：1-11.
14. International Rice Research Institute. 1981. 1982. 1984. Annual Reports for 1980. 1981. 1983. IRRI. Los. Banos, Philippines.
15. Khaleque, M. A., Joarder, A. M. Eunus and A. K. M. N. Islam. 1978. Nature of gene interaction in the inheritance of yield and yield components in some rice crosses. Oryza 5：157-172.
16. Liu, C. L. 1982. Studies of the effects of high and low temperatures on the fertility of hybrid rice. Hubei Agricultural Science. 10：1-6 (Abstract) Plant Breeding Abstracts 1983. 53(12)：9473.
17. Lin, S. C. and L. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. (in) Innovative Approaches to Rice Breeding. pp. 35-51. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.
18. Mohanty, P. L. and N. P. Sarma. 1983. Fertility restorers for cytosterile stocks. IRRN. 8(2)：3-4.
19. Murayama, S. 1973. The Basic studies on utilization of hybrid vigor in rice. I. The degree of heterosis and its phenomenon. Japan J. Breed. 23(1)：22-26. (in Japaness with English summary).
20. Panwer, D. V. S. and R. S. Paroda. 1983. Combining ability for grain characters in rice. Indian J. Agric. Sci, 5399)：763-766.

21. Rutger, J. N. and C. Shinjyo. 1980. Male sterility in rice and its potential use in breeding. pp. 53-66. (in) Innovative Approaches to Rice Breeding. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.

22. Sarma, N. P., P. K. Mohanty and P. J. Jachuck. 1982. Outcrossing potential of a cytosterile stock of rice. International Rice Research Newsletter. 7(5) : 3.

23. Shrivastava, M. N. and D. V. Seshu. 1983. Combining ability for yield and associated charaters on rice. Crop Sci. 23 : 741-744.

24. Stansel, J. W. and J. P. Craigmiles. 1966. Hybrid rice-Problems and potentials. Rice Jour. 69(5) : 14-15.

25. Swaminathan, M. S., E. A. Siddiq and S. D. Sharma. 1982. Outlook for hybrid rice in India pp. 609-613. (in) Rice Breeding. International Rice Research Instiute. Los, Banos, Philippines.

26. Virmani, S. S., R. C. Aquino and G. S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rice (Oryza sativa L.) Theor. and Applied Genetics 63(4) : 373-380.

27. Zhou, K. D., H. Y. Li., R. D. Li and G. J. Luo. 1982. Preliminary study on combining ability and heritability of the main characters of hybrid rice. Acta Agronomica Sinica 8(3) : 145-152. (Abstract) Plant breeding Abstracts 1983(6)4812.

28. Zhuang, E. Z. and X. Z. Wu. 1982. Investigation of the theory of heterpsis in ricl. Hereditas, China 4(3) : 29-30. (Abstract) Rice Abstracts 1984. 7 : 250.

Yield and Combining Ability of Hybrid Rice[1]

by

T. H. Tseng and C. S. Huang[2]

Summary

Twelve F_1 hybrids, 3CMS B lines, i. e., Zhen-Shan 97B (ZS97B), V20B and Er-Chiu-Nan B (ECNB), and their four restorers, i. e., Tainung Sen Yuh (TNGSY) 91, 115, 162 and 172 were used as the materials for this study. Two top-yielding commercial varieties, Taichung Sen 3 (TCS3) and Taichung Sen 10 (TCS10), served as the checks. The materials were arranged in a field in a randomized complete block design with two replications. The results are summarized as follows:

In general, a positive heterosis was found in grain yield, spikelets per panicle, 1000-grain weight, heading days and plant height, and negative heterosis in panicles per plant and seed-set percentage. The grain yield for four of the twelve hybrids in the second crop reached more than 9t/ha, significantly outyielded the top yielding commercial variety TCS10. They showed the standard heterosis from 16% to 21%. However, in the first crop the yields of hybrids were lower than the commercial varieties probably due to the fact that the hybrids were early-maturing and relatively sensitive to low temperatures in the first crop than the commercial varieties. Different hybrids showed different responses to the first crop environments. A significantly positive path-coefficient of seed-set percentage to grains yield in these hybrids was observed in the first crop but not in the second crop. The general combining ability seemed to be more important than the specific combining ability in this test. Tainung Sen Yuh 172 (TNGSY172) were found to be a good general combiner for grain yield at first and second crops. The general combining ability of three cytosterile lines showed different tendencies in first and second crops. The results indicated that these cytosterile lines were highly sensitive to temperatures.

---

1. Contribution No. 1333 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, Assistant Agronomist and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, 41301, ROC.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36(2)：165～172（1987）

大豆種子與莢果壁非構造性碳水化合物與氮素含量之變化[1]

王強生　曹紹徽　劉大江

摘要：以大豆品種十石爲材料，於1982及1983年夏作進行試驗，在生殖生長期間密集取樣，調查分析第6－8節位莢果壁與種子內乾物質、非構造性碳水化合物（TNC）及全氮（N）含量之變化，以明瞭大豆種子充實與 TNC 及 N 之利用情形。莢果壁內 TNC 濃度於 R3—R4期最高，其後有下降趨向，但均維持於 5－8％之間；N濃度則於 R4 期以後持續降低，顯示可充份轉移至種子。種子內 TNC 濃度於快速充實期間（R6）最高，而 N 素濃度之變化甚微，亦即種子乾物質與 N 素之累積有平行關係存在。莢果壁內 TNC 含量在 R6期以前與種子 TNC 含量並行增加，在成熟期時僅小幅減少，對種子充實之重要性可能極爲有限；莢果壁內所含 N 素在種子充實期間可大量轉移，亦即具有較高的利用效率，唯種子含 N 量由莢果壁轉移者，估計最高不超過 9％。種子對莢果壁 TNC 與 N 素之利用程度有異，兩種營養要素亦可能經由不同途經轉移。

Sinclair and de Wit[15] 指出大豆之氮素需求量爲所調查24種作物中之最高者，其種子每累積 1g光合產物，即需獲得 29mg之氮素供應；由於大豆種子合成大量蛋白質與油分時所消耗之能量，遠較澱粉作物之需求爲高，植株光合作用生產種子之效率因而降低，僅爲 50%左右[15]。大豆全株60%以上之氮素係於豆莢形成（R4）期後所累積，若不考慮葉片脫落之影響，成熟期種子所含氮素可佔全株之90%以上[2]，顯示大豆種子發育與充實期間，全株氮素營養及種子所需氮素之供源對產量的影響極大。

大豆植株除葉片、葉柄及莖稈等營養器官外，莢果壁亦具有暫時貯藏碳水化合物[1,3,17]及氮素[1,3,6,18,19]的功能，可於種子充實期間再轉移至發育中之種子[3,6,14,18,22]。Fader and Koller[7] 發現當種子維持高生長速率時，莢果壁內之澱粉亦繼續累積，當種子生長速率下降，同化產物之供給量成爲限制因子時，莢果壁內澱粉濃度降低，亦即具有緩衝（buffering）功能。曹等[3] 認爲莢果壁於種子形成（R5）期以前，主要扮演積儲角色，累積多量氮素及非構造性碳水化合物（TNC），種子開始充實以後，莢果壁成爲供源器官，可將所累積之氮素及TNC轉移至種子。此外，莢果壁亦被認爲具有固定二氧化碳，且直接將光合產物轉移到種子的能力[5,12,13]。這些結果顯示，莢果壁對於大豆種子之充實頗爲重要。

依據王等[1] 與曹等[3] 之試驗結果，大豆生殖生長期間之莢果壁與種子內氮素及TNC濃度，於年度、期作及節位間有不同的變化趨勢，推測部份原因爲全株種子成熟度不一致，或取樣時間間隔太長；本試驗選取發育一致之大豆植株，自開花期後行密集取樣，測定莢果壁及種子內氮素及 TNC 濃度變化情形，以及其含量之消長，探討種子發育期間之供源能力，及種子累積與利用養分的情形，以對

1.臺灣省農業試驗　所研究報告第 1334 號。
2.本所農藝系助理研究員、助理與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

大豆產量生理有進一步的瞭解。

材料與方法

以本省現行大豆推廣品種十石（Shih-Shih, SS）爲材料，分別於1982年7月16日與1983年7月2日播種，在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所農場進行試驗。田間植株分爲三個植區，每區面積18.9 m^2，爲14行區，行株距45×10cm。播種時每穴播3－4種子，出土後依 Fehr and Caviness[8] 之分期法，於營養生長初期（V2-V3期）間拔，每穴留2株。肥料用量爲 N：P_2O_5：K_2O＝24：50：70kg/ha，均以基肥一次施用。大豆生育期間予以中耕除草並培土一次，定期防治病蟲害及適時灌溉，所有田間管理工作均按一般慣行栽培法進行。

俟大豆植株生長至開花（R1）期後，每隔3－5日取樣一次，至成熟期爲止，1982年共取樣16次，1983年取樣10次。每次取樣係自植株基部算起第6、7與8節摘取花或豆莢，經由預備試驗得知此三節位之開花時間較早，且節位間開花時間差距均較短，爲可獲得較爲均一之樣品。每次取樣均自每植區逢機選取15—40株植株行之，並以每一植區之材料爲一個樣品，但R1與R2期因樣品不足，係將三個植區之材料合併爲一個樣品。所採取之豆莢於種子形成（R5）期開始並區分爲莢果壁與種子兩部份。

樣品於送風乾燥箱中以100°C烘乾2hr及80°C烘乾48hr後，秤量乾物重；莢果壁以Wiley mill經40目篩磨粉，種子則以Philips HR-2170磨粉機磨粉。粉狀檥品置於 PE 瓶中，再以 80°C乾燥24hr後，以內、外蓋封口，保存於密閉塑膠袋中留供分析之用。非構造性碳水化合物（TNC）濃度係仿Smith[16] 法分析，全氮濃度以 Semi-micro Kjeldahl 方法測定。每一樣品均分析二次，以各植區（重複）之平均值表示試驗結果。

結　　果

生殖生長期間大豆莢果壁與種子非構造性碳水化合物（TNC）之濃度變化示於圖1，種子形成(R5)期以前，不同年度莢果壁 TNC 濃度變化之差異頗大，1982年 R1 期大豆的花含6.8%之 TNC，豆莢開始形成後濃度降低，至R3期爲5.4%，而後隨豆莢發育，TNC 濃度亦行升高，於全莢（R4）期達到高峰（18.7%）；種子形成前莢果壁TNC濃度迅速下降，種子形成（R5）期僅爲5.6%，其後濃度略有上升，在種子發育與成熟期間又稍呈下降趨勢。1983年盛花（R2）期大豆植株花中僅含4.2%之 TNC，至豆莢形成（R3）期時達最高濃度（9.5%），遠較1982年之結果爲低；而後隨豆莢發育及種子形成，莢果壁 TNC 濃度略有下降現象，與1982年結果相近。成熟 (R8) 期之濃度爲5.2—6.0%，表示仍有部份 TNC 殘留於莢果壁中。

種子 TNC 濃度變化趨勢並無明顯之年度性差異（圖1），均在種子形成（R5）期最低，其後隨種子之充實而濃度逐漸上升，至 R6 期前後最高，1982與1983年依序爲61.6及15.0%，而後隨種子成熟，TNC濃度下降，成熟時介於10.8與11.6%之間。

莢果壁N素濃度變化趨勢於年度間之變化趨勢頗爲一致（圖2），R1—R2期大豆的花約含2.6% N素，豆莢形成後，莢果壁 N 素濃度迅速升高，1982，年於 R3.5 期，1983年於 R4 期達最高濃度，分別爲3.8及4.0%；但在種子發育與充實期間，濃度迅速及持續下降，成熟期僅爲 0.6%左右。

種子於最初形成時（R5期）之N素濃度，1982年爲 7.0%，1983年爲6.1%，以前者較高（圖2），但其後之差異並不顯著。1982年種子發育與充實期間之 N 素濃度介於6.2與6.5%之間；1983年試驗自 R5.5 期以後，濃度似有升高趨勢，但最高亦不超過 6.8%，均顯示 N 素之累積甚爲穩定，與乾物質之增加應有平行關係存在。

1983年試驗期間調查大豆植株豆莢、莢果壁與種子乾物重之變化，結果示於圖3。豆莢乾重在形成初期（R3）至全莢期（R4）之間增加甚微，其後乾物質累積轉趨迅速，在種子形成（R5）至充實

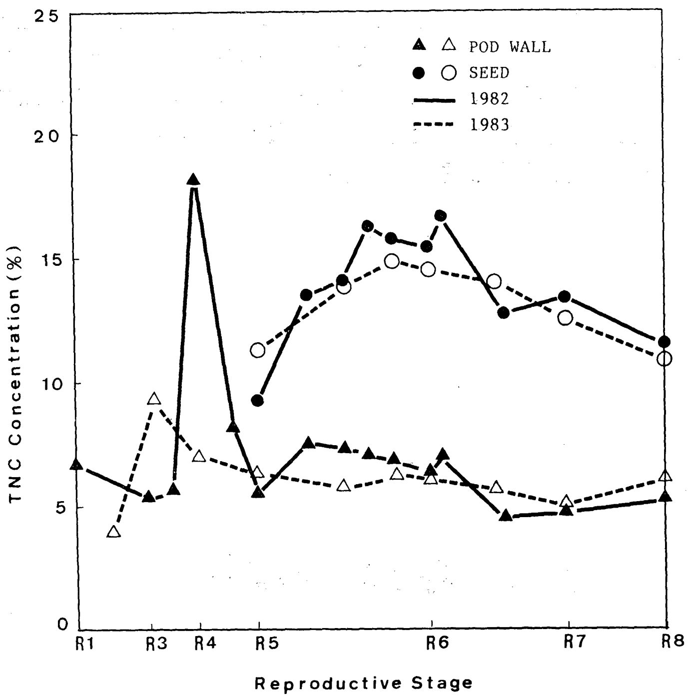


Fig. 1. Changes of TNC concentration (%, dry basis) in pod wall and seed of soybean plants during the reproductive growth period (summer crops, 1982 and 1983)

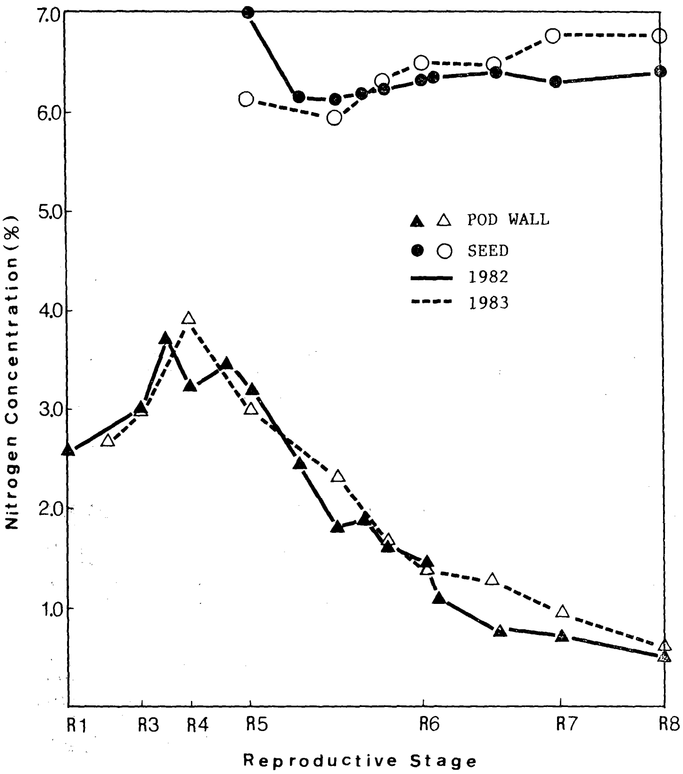


Fig. 2. Changes of N concentration (%, dry basis) in pod wall and seed of soybean plants during the reproductive growth period (summer crops, 1982 and 1983)

盛期（R6.5）間直線增加，並已達成熟期乾重之92%；R6.5 期以後乾重增加緩慢，成熟期平均每莢乾物量爲 396mg。 如將豆莢區分爲莢果壁與種子兩部份，其中莢果壁在形成初期之乾重增加極少，R4至R6期之間累積較爲快速，至 R6.5期之乾重最高，平均每莢爲 146mg；成熟前又形降低，R8期爲126mg（圖3）。種子於R5期形成後即大量累積乾物質， R5.5至R6期間最爲迅速，至 R7期之乾重已達成熟期之96%，成熟時每莢種子重爲270mg。

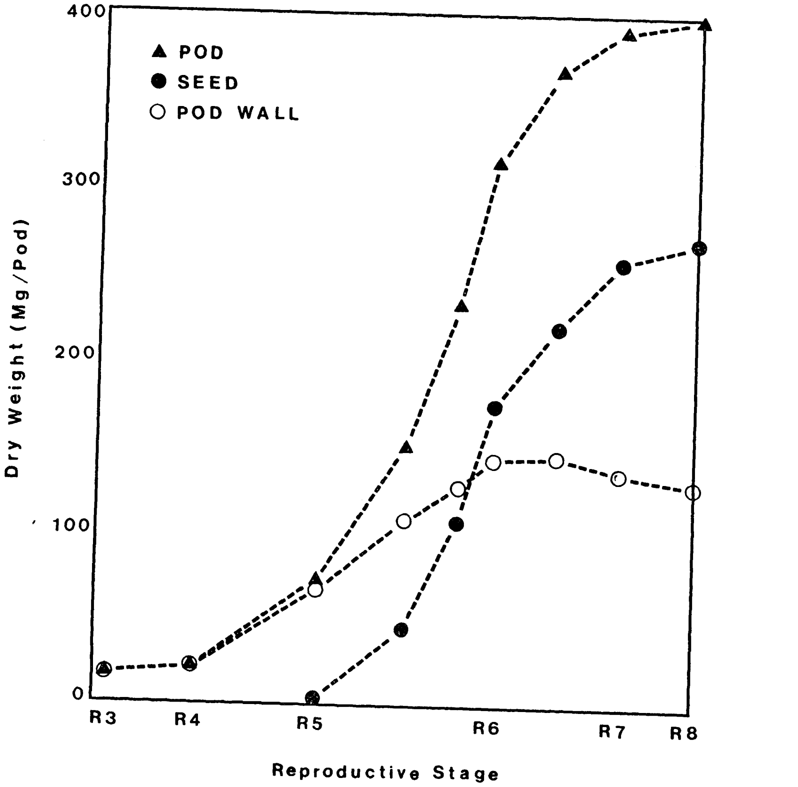


Fig. 3. Changes of dry weight (mg/pod) of pod, pod wall and seed of soybean plants during the reproductive growth period (summer crops, 1983)

大豆生殖生長期間，每一莢果壁平均 TNC含量自全莢（R4）期之 1.56mg開始大幅增加，種子飽滿（R6）期之含量最高，達8.66mg，增幅爲 7.10mg；其後之含量雖逐漸降低，成熟（R8）期莢果壁內仍殘留多量TNC（7.69mg/pod），與 R6期比較，僅減少 0.97mg；但如與含量最低之R7期（6.85mg/pod）相較，則每一莢果壁之減幅爲1.81mg（表1）。

大豆種子自形成（R5）後即迅速累積 TNC ，至生理成熟（ R7）時之累積量最高，每一豆莢爲 32mg，種子成熟前略有減少，爲 29.03mg（表1）。莢果壁及種子TNC含量之總合即爲莢果 TNC 累積量，R4期以前因種子尚未形成，故與莢果壁含量相同，其後快速增加，R6.6—R7 期時約爲每莢 39mg，成熟前亦略爲降低，R8期爲36.72mg。

莢果壁內N素含量自豆莢形成後逐漸增加，R5.5期含量最高，爲2.52mg/pod，而後連續降低，至R8期僅餘0.85mg/pod，爲R5期含量之33.7%。種子內N素含量增加最迅速之時期爲 R5.5至R6期，平均每一莢果種子計累積8.68mg，約爲總量之47.9%，R6至R7期之增加量亦極爲明顯(6.04mg)，成熟期含量最高，爲18.14mg/pod（表1）。莢果N素總含量之變化與種子相近，皆自形成初期持續累積升高，在R7—R8期之含量最高，爲18.67—18.99mg/pod。

Table 1. Amount (mg/pod) of TNC and N accumulated in the pod, pod wall and seed of developing soybean plants.

Plant Organ	Reproductive Stage								
	R3	R4	R5	R5.5	R5.8	R6	R6.5	R7	R8
					TNC				
Pod Wall	1.69	1.56	4.26	6.24	7.75	8.66	8.20	6.85	7.69
Seed			0.54	6.06	15.89	25.42	31.28	32.00	29.03
Pod	1.69	1.56	4.80	12.30	23.64	34.08	39.48	38.85	36.72
					Nitrogen				
Pod Wall	0.55	0.86	2.00	2.52	2.09	1.96	1.84	1.36	0.85
Seed			0.30	2.59	6.75	11.27	14.31	17.31	18.14
Pod	0.55	0.86	2.30	5.11	8.84	13.23	16.15	18.67	18.99

圖 4 爲大豆生殖生長期間莢果壁及種子內 TNC/N 比值變化情形；綜合兩年試驗結果，莢果壁 TNC/N比值於莢果形成（R3期）後至全莢（R4）期間呈現一次高峰，1982年之比值爲 5.7，1983年爲3.0；種子形成（R5）期以前之比值最低，約爲 2 左右，但隨後持續上升，自 R6.5至 R8期間幾呈直線升高，於成熟期達最大值，二年度依序爲 11.0及 9.1，以 1982年之比值較高。種子形成初期之

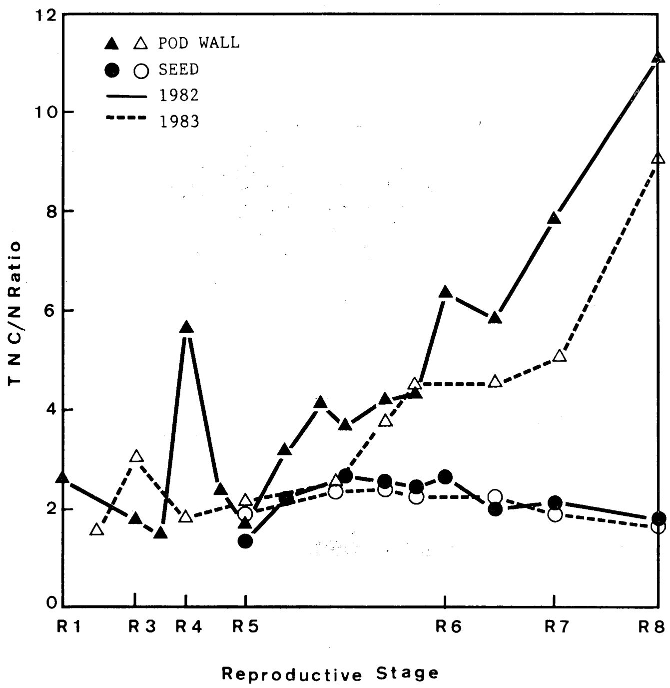


Fig. 4. Changes of TNC/N ratio of pod wall and seed of soybean plants during the reproductive growth period (summer crops, 1982 and 1983)

TNC/N比值較低（1.3—1.8），而後雖有上升趨向，但在R5.5至R6期間之變化不大，約爲 2.5，自R6期以後略有下降，1982 及 1983年成熟種子內之比值分別爲1.8及1.6，以前者較高，與莢果壁之表現相同。

討　論

大豆植株進入生殖生長期後，莢果壁即首先具有積儲功能，自 R5 期以後，種子方取代而成爲主要積儲器官[3,17,20]。莢果壁並被認爲具有光合作用能力[4,5,12,13]，可暫時貯存光合產物與氮素[3,6,19]及調節種子生長速率[7,14]，具有重要性；經由對生殖生長全期莢果壁與種子中氮素與 TNC濃度及累積量變化的瞭解，應有助於究明兩種器官間的關係，建立謀求提高產量的生理基礎。

大豆莢果開始形成後，莢果壁可累積養分，TNC 濃度上升，約於 R3—R4 期到達高峰（圖1），但此一時期TNC含量頗低，平均每一莢果壁僅爲 1.56mg左右，又因種子尙未形成，故莢果壁 TNC 濃度較高，與曹等[3]及王等[1]之試驗結果相符。種子形成前莢果壁TNC濃度大幅降低（圖1），可能與供應種子形成及發育之需有關[1,3,6,11,17,19,20]，但在R5期，種子內 TNC 含量極低（0.54mg/pod），而莢果壁內 TNC含量由R4期之1.56mg上升至 4.26mg，呈繼續增加之趨勢，除顯示種子發育初期所需之TNC並不受限於莢果壁內之養份含量外，莢果壁之乾物累積速率亦超過 TNC累積速率，導致濃度降低。

王等[1]、Egli *et al.*[6]與Thorne[19]報告種子迅速充實（R5—R7）期間，莢果壁內TNC濃度下降，本試驗結果雖有類似趨向，但濃度仍維持於5～7％之間，變化幅度不大，且平均每一莢果壁TNC累積量自R5期之4.26mg增至R6期之8.66mg，同一時期種子乾重與 TNC 含量亦迅速上升，表示就供試大豆植株之供源與積儲關係而言，碳素供應並非種子充實的限制因子。R6 期以後莢果壁之乾重已達極限，TNC 濃度與含量亦略有下降，唯程度有限，可能受到葉片光合成能力及種子生長的影響；Fader and Roller[7]即曾指出，當大豆植株同化產物之供給成爲限制因子，使種子生長速率下降時，莢果壁所含澱粉即行分解，並轉移至種子。種子成熟前莢果壁 TNC 濃度（圖1）與含量（表1）略有回升現象，與王等[2]及曹等[4]的結果相同，推測此一時期種子之發育已屆完成，葉片光合產物再度於莢果壁內累積；唯 Yazdi-Samadi *et al*[21]則發現，種子成熟期間莢果壁碳水化合物濃度持續下降。

種子於形成初期的TNC濃度較低（9.2～11.3%），R5—R6 期間快速上升至15.0～16.6%（圖1），升幅雖然不高，但每一莢果種子之累積量則自0.54mg增加至 25.42mg（表2），極爲明顯；R6期以後，種子內TNC濃度顯著下降，應爲蛋白質與脂肪合成所需碳架（carbon skeleton），及呼吸作用消耗的結果，但鑑於同一時期種子乾重與 TNC 含量仍繼續增加，以及種子內主要成份轉化之複雜性，在本試驗中仍不能據此推測碳水化合物之供應能力爲限制產量的因子。

與 TNC 之表現相同，莢果壁N素濃度於 R3.5—R4期最高（3.5～4.0%），而含量甚低（0.86 mg/pod），其重要性並不明確。R4期以後N素濃度迅即下降，但N素含量於R5.5期到達高峰（2.52 mg/pod）後方始降低，有異於TNC之結果；又由於 R5.5 期以前種子內N素濃度不斷上升（圖2），累積量僅爲2.59mg/pod（表1），表示N素供應尙無不足之慮。

R5.5期以後莢果壁N素含量持續下降，成熟時濃度僅爲0.5～0.7%，含量爲0.85mg/pod；同一時期每莢種子含量自 2.59mg增至 18.14mg，需求量頗高，顯示莢果壁內所含N素多能轉移而被利用。Seddigh and Jolliff[14]認爲大豆植株積儲對供源比值高者，即積儲强度大者，營養器官與莢果壁中之N素方能充份轉移，使含量降至極低；依據此一理論，如能改良大豆積儲强度，將可提高 N素利用效率，有助於增加產量。大豆種子之積儲强度並不易予以判定，在其充實全程中，N素濃度相當穩定（圖2），亦即乾物重增加與N素累積速率間有一定關係存在；大豆種子富含蛋白質，N 素供應是否適當應與種子發育密切相關，本試驗中莢果壁所含 N素雖可充份轉移，並爲種子利用，但其量甚微

，重要性可能有限；王等[1]與曹等[3]在臺中地區試驗，報告老化即將脫落的葉片內仍含有多量 N素（2.2～2.5%），與Zeiher *et al*[22]之結果（0.9～1.1%）相差頗大，認爲葉片內 N 素無法充份轉移至種子，可能影響產量；分析本試驗結果，亦建議應究明 N素累積與種子生長間的關係，以明瞭本省栽培大豆之N素利用效率是否爲限制種子乾物質生產的因子。

種子形成後至成熟期間，莢果壁 TNC/N濃度比值持續增加，二年度於 R8期之數值爲11.0與9.1，較王與劉[2]以同一品種所獲得之結果（15.6）爲低。與N素比較，莢果壁內 TNC向外轉移之發生時間較遲， R8 期之含量又遠高於N素含量，顯示兩者之利用效率有異，也可能經由不同途徑轉移，與 Jones and Simmons[10]在玉米試驗之結果相似，對田間種子生產的意義與重要性如何，值得更進一步探討。

引用文獻

1. 王强生、魏夢麗、劉大江。1984。大豆植株管養要素之累積與分佈。Ⅰ.全生育期非構造性碳水化合物與氮素濃度之變化。中華農業研究 33：247—256。
2. 王强生、劉大江。1987。大豆營養要素之累積與分佈。Ⅲ.全生育期非構造性碳水化合物及營養要素之累積。中華農業研究 36：29—40。
3. 曹紹徽、王强生、劉大江。1985。大豆不同節位之供源與積儲關係研究。中華農業研究 34：437—445。
4. Andrews, A. K. and L. V. Svec. 1975. Photosynthetic activity of soybean pod at different growth stages compared to leaves. Can J. Plant Sci. 55 : 501-505.
5. Crookston, R. K., J. O'Toole and J. L. Ozbun. 1974. Characterization of the bean pod as a photosynthetic organ. Crop Sci. 14 : 708-712.
6. Egli, D. B., J. E. Leggett and W. G. Duncan. 1978. Influence of N strees on leaf senescence and N redistribution in soybeans. Agron. J. 70 : 43-47.
7. Fader, G. M. and H. R. Koller. 1985. Seed growth rate and carbohydrate pool sizes of the soybean fruit. Plant Physiol. 79 : 663-666.
8. Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Special Rep. No. 80, Coop. Extension Serv., Iowa State Univ.
9. Hymowity, T., F. I. Collins, J. Panczner and W. M. Walker. 1972. Relationship between the content of oil, protein and sugar in soybean seed. Agron. J. 64 : 613-616.
10. Jones, R. J. and S. R. Simmons. 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. Crop Sci. 23 : 129-314.
11. Pate, J. S., P. J. Sharkey and C. A. Atkins. 1977. Nutrition of a developing legume fruit-functional economy in terms of carbon, nitrogen and water. Plant Physiol. 59 : 506-510.
12. Quebedeaux, B. and R. Chollet. 1975. Growth and development of soybean (*Glycine max* L. Merr.) pods. Plant Physiol. 55 : 745-748.
13. Sambo, E. Y., J. Moorby and F. L. Milthorpe. 1977. Photosynthesis and respiration of developing soybean pods. Aust. J. Plant Physiol. 4 : 713-721.
14. Seddigh, M. and G. D. Jolliff. 1986. Remobilization patterns of C and N in soybeans with different sink-source ratios induced by various night temperatures. Plant Physiol. 81 : 136-141.
15. Sinclair, T. R. and C. T. de Wit. 1976. Analysis of the carbon and nitrogen limitation to soybean yield. Agron. J. 68 : 319-324.
16. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissues. Wis. Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 41.
17. Stephenson, R. A. and G. L. Wilson. 1977. Patterns of assimilate distribution in soybeans at maturity. II. The time course of changes in 14-C distribution in pods and stem sections.

Aust. J. Agri. Res. 28 : 395-400.

18. Thorne, J. H. 1979. Assimilate redistribution from soybean pod walls during seed development. Agron. J. 71 : 812-816.
19. Thorne, J. H. 1980. Kinetics of 14-C photosynthate uptake by developing soybean fruit. Plant Physiol. 65 : 975-979.
20. Thorne, J. H. 1985. Phloem unloading of C and N assimilates in developing seeds. Ann. Rev. Plant Physiol. 36 : 317-343.
21. Yazdi-Samadi, B., R. W. Rinne and R. D. Seif. 1977. Components of developing soybean seeds: oil, protein, sugars, starch, organic acids and amino acids. Agron. J. 69 : 481-486.
22. Zeiher, C. D., D. B. Egli, J. E. Leggett and D. A. Reicosky. 1982. Cultivar differences in N redistribution in soybean. Agron. J. 74 : 375-390.

Changes of TNC and N Concentrations in the Developing Seeds and Pod Wall of Soybeans

C. S. Wang, S. H. Tsao and D. J. Liu

Summary

Soybeans (cultivar Shih-Shih) were grown in the summer crops of 1982 and 1983. Extensive samplings were made on the 6th to 8th nodes during pod-filling for the determination of dry weight and concentrations of TNC (total nonstructural carbohydrates) and N in the pod wall and seeds. TNC concentrations in the pod wall peaked at R3—R4 stage and showed a very slight decreasing tendency afterwards. On the contrary, N concentrations decreased continuously and markedly after R4 stage, indicating efficient translocation of N from pod wall to the seeds. Maximum TNC concentration in the seeds was observed at R6, or rapid grain-filling stage. However, N concentrations remained rather constantly during the whole grain-filling period. It is suggested that soybean seeds accumulated dry matter and N at a similar rate. Amount of TNC in the pod wall increased up to R6 stage and the decrease thereafter was minor. In other words, carbohydrates stored in pod wall was not quantitatively important to the developing seeds. N could be translocated efficiently from pod wall to seeds after R5 stage. However, only 9% of total seed N was estimated to be provided by the pod wall. Extent of utilization of pod wall TNC and N by the soybean seeds varied, presumbly paths of translocation for the two nutrients were also different.

---

1. Contribution No. 1334 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, assistant agronomist, research assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

中華農業研究(Jour. Agric. Res. China) 36 (2) :173~189 (1987)

雜草社會中物種的分布及再生稻和雜草間的競爭[1]

蕭柊瓊[2] 鄔宏潘[3]

摘要：本研究試以不經任何人工管理的再生水稻田，先以生態的觀點，將其視爲一擬雜草社會，調查田區內各個物種生物量的分布；並計算物種的優勢度、岐異度指數等生態介值，藉以描述雜草社會的生態特徵；計算物種分布的歪度、峰度及變異係數，進而討論歪度、峰度及變異係數與優勢度間之關係。再以農藝的觀點，調查雜草對再生稻及落粒稻之影響，並用複迴歸模式中之淨迴歸係數，表示各科雜草對再生稻及落粒稻之競爭程度。推求再生稻及落粒稻族羣之變異係數、歪度，藉此來比較在同一生態環境下，再生稻和落粒稻所承受的競爭壓力。

主要結果如下：

1.在雜草社會中，各物種生物量的分布趨近於對數常態分布。此結果表示，雜草社會中，各物種係以乘積性的方式在構築羣落。

2.由Shannon 氏岐異度指數多小於0.6的結果，可推論由再生水田廢耕，而發展出的雜草社會，尚未發育成熟，整個雜草社會仍處於一不安定的階段。

3.歪度、峰度及變異係數，和Simpson氏及Shannon氏之優勢度指數有顯著的正相關，故亦可從歪度、峰度及變異係數之大小，表示物種優勢集中的程度。

4.在再生水稻田中，影響再生稻及落粒稻最鉅者，咸爲禾本科和茜草科雜草；禾本科之水稗，茜草科之珠仔草分布最廣，對水稻影響最大。經迴歸分析結果顯示，再生稻受禾本科雜草的影響，較受茜草科雜草的影響爲大，而落粒稻則受茜草科雜草的影響較大；若比較禾本科及茜草科雜草對再生稻及落粒稻之競爭程度，則禾本科對再生稻的競爭較落粒稻爲大，而茜草科則對落粒稻競爭較大。

5.再生稻族羣株重的變異係數及歪度小於落粒稻族羣；根據 Kira et al (12) 及Stewart et al (24) 理論：族羣的變異係數、歪度隨競爭壓力的增大而增大。推論在同一環境下，落粒稻所承受的競爭壓力較再生稻爲大。

在一固定空間內，具有相同外形之生物物種所形成的集合稱爲生物社會(Biotic community) (22)。以生態觀點言之，生物社會中之各物種共同利用環境的資源，而有一定的交互作用發生，故此物種的集合絕非偶然，而是有一定的組織 (17)。因此，若將物種按其生物量之大小依序排列，往往呈一特定的分布 (26,27)。

生物社會由許多物種所組成，然只有少數的優勢種，因個體數目多、體型大或生產力高，以致可控制絕大部分的資源或其它生物之活動，亦因此而能決定該社會之性質和形相。優勢種之生產力較其它從屬種爲大，故生產力或生物量，均可作爲優勢度之指標。組成物種之優勢度的集中情形，稱爲該社會之優勢度指數；此指數高，表示有明顯的優勢種。種的岐異現象，稱爲生物社會之種類岐異性。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1335 號。本研究係第一作者碩士論文之部份。

2.本所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.中央研究院植物所研究員　臺北市。

生物個體在不同種間分配均勻的程度，稱爲該社會之歧異度指數。歧異度可顯示反饋系統(Feedback System) 作用之程度[13]。歧異度高，表示社會之安定性亦高。

生物之間有交互作用的關係存在，競爭爲負的交互作用。因爲出現在同一生育地之植物，通常對環境資源，有相同之需求；競爭之結果，遂使某些族羣減少使用資源而蒙受其害[4,8,16]。同種個體間，在族羣密度超過環境負荷量時，植株的重量會隨著密度的增加而減少[1,28]，即有種內的競爭發生。而單種栽培的物種，往往因其它物種的加入，而使得產量減低，即種與種間亦有競爭作用。

第二期再生稻的栽培，具有省時、省工、減少生產成本的優點，爲臺灣近年來積極發展的水稻省工栽培法，然其產量極不穩定。本研究即針對再生水稻田區中雜草對水稻生物量的影響，找出與再生稻有競爭作用的雜草種類，提供再生水稻田區雜草防除的方向。並將不經任何人工管理的再生水稻視爲一擬雜草社會，調查田區內物種生物量的序列分布，並計算物種的優勢度和歧異度指數，以解釋雜草社會的優勢集中情形、安定性及發育的程度。

材料與方法

一、供試材料及試驗方法：

本研究參試的水稻品種爲新竹56號，是南港地區較常採用的栽培品種。於民國七十二年第一期秧苗移植適期以20cm×20cm的行株距植於中央研究院實驗田區，栽培方式與一般農民同，俟一期稻作收穫後即休耕，任田區自然發展，由前期遺留之稻樁中長出的水稻稱爲再生稻，前期收穫時掉落的稻粒發芽長成之水稻稱爲落粒稻。

俟田區二期再生稻黃熟後，將田區以田埂爲界，分爲A、B、C、D、E五個區域，再根據區域之形狀和面積大小各取8、4、3、4、3個重複，每重複爲1m×1m的方格小區，割取各小區內再生稻、落粒稻及雜草的地上部；調查各小區內再生稻和落粒稻之密度（株／m^2）、每株之株高、分蘗數、有效分蘗數，及烘乾後之莖葉重和穀粒重；雜草則以種別區分之，烘乾後秤其乾物重。

二、統計分析方法

本研究可分爲二個部分，先以生態的觀點：將不經任何人工管理的再生水稻田視爲一自然發生的雜草社會，調查各個小區雜草物種生物量的分布，並計算各小區內雜草物種的歧異度及優勢度指數。再以農藝的觀點：調查再生稻、落粒稻和雜草間的競爭，利用複迴歸分析所求得之迴歸係數，比較各科雜草對再生稻及落粒稻的競爭作用；並用刀削法估算再生稻及落粒稻族羣之變異係數和歪度，藉此比較在同一生態環境下，再生稻和落稻所承受不同的競爭壓力。

結　　果

一、各小區物種生物量之分布：

由於各小區接受雜草種子侵入的機會不同，致使同一地區分成許多不同的生育地形成不同的雜草社會，故以下的分析乃以各小區爲獨立樣品分析之。

1.Lilliefors test:

將各物種之生物量 Wi（表1）由大至小依序排列後，求其自然對數的轉換值 Xi, 並分別求得其累計的理論機率及實驗機率：F*(Xi) 及S(Xi)，取 F*(Xi) 及 S(Xi) 之最大距離爲 Lilliefors test之檢定介值T_2，再根據小區內物種數目查表[5]得知T_2小於 $W_{1-0.2}$，表示X 變值的分布符合常態分布。

檢定結果（表2）發現：各小區所求得之T_2介值均小於$W_{1-0.2}$，表示在 Lilliefors 所定最嚴格的標準下，各小區X變值皆符合常態分布，即各小區物種生物量的分布均符合對數常態分布。

2.決定係數

將物種生物量之自然對數轉換值X，分別對累計常態機率F*及累計實驗機率S 行直線迴歸分析

，得二決定係數$R^2(F^*)$ 及$R^2(S)$ 。結果如表 2 所示：$R^2(F^*)$ 均很高 (0.9380~0.9960)，表示X與F*有很高的直線關係，故可推知物種的分布係成對數常態分布；而1-$R^2(S)$皆很小(0.0223~0.1549)，亦顯示X與S 有很高的直線關係。由於本研究中累計的實驗機率爲算術級數，故知物種生物量的分布可用幾何級數來表示。

比較各小區$R^2(F^*)$ 與$R^2(S)$ 的大小 (表 2)，22個小區$R^2(F^*)$ 均大於$R^2(S)$ ，可見物種的分布以對數常態分布的配合較好；再利用騈對t法進行 $R^2(F^*)$ 與 $R^2(S)$ 平均值之差異顯著性測驗，結果：

$$t=7.306>t(df=21, \alpha=0.01)\ 2.831$$

表1. 利用Lilliefors test 檢定物種分布呈對數常態分布

Table 1. An example of testing lognormal distribution of species by Lilliefors test

rank	W	P(W)	X	Z	F*	S	| Fi*-Si |	| Fi*-S_{i-1} |
1	204.022	0.614	0.488	−2.406	0.00808	0.05263	0.04455	0.00808
2	25.688	0.077	2.561	−1.095	0.13680	0.10526	0.03154	0.08417
3	18.622	0.056	2.882	−0.892	0.18618	0.15789	0.02829	0.08092
4	16.487	0.050	3.004	−0.815	0.20755	0.21053	0.00298	0.04966
5	12.289	0.037	3.298	−0.629	0.26463	0.26316	0.00147	0.05410
6	12.032	0.036	3.319	−0.615	0.26925	0.31579	0.04654	0.00609
7	11.134	0.033	3.397	−0.566	0.28566	0.36842	0.08276	0.03013
8	7.497	0.023	3.792	−0.316	0.37602	0.42105	0.04503	0.00760
9	5.900	0.018	4.032	−0.165	0.43455	0.47368	0.03923	0.01340
10	4.949	0.015	4.207	−0.053	0.47890	0.52632	0.04742	0.00522
11	3.066	0.009	4.686	0.250	0.59870	0.57895	0.01975	0.07238
12	2.958	0.009	4.722	0.272	0.60718	0.63158	0.02440	0.02823
13	2.281	0.007	4.982	0.437	0.66892	0.68421	0.01529	0.03734
14	1.639	0.005	5.313	0.646	0.74088	0.73684	0.00404	0.05667
15	1.400	0.004	5.470	0.745	0.77185	0.78947	0.01762	0.03501
16	1.140	0.003	5.696	0.875	0.80920	0.84211	0.03291	0.01973
17	0.544	0.002	6.415	1.343	0.91038	0.89474	0.01564	0.06827
18	0.477	0.001	6.547	1.426	0.92304	0.94737	0.02433	0.02830
19	0.388	0.001	6.753	1.557	0.94024	1.00000	0.05976	0.00713
Total	332.513	1.000	$\bar{X}=4.2918$ $\sigma=1.5809$				$T_2=.08417$ $\alpha>.20$	

rank: the rank of species according to their dry weight
W: dry weight (g/m^2) of species
P(W): the proportion of W in the total biomass
X: -ln P(W)
Z: the standard value of X
F*: the cumulative normal probability of X , F*(X)=P(Z)
S: the cumulative empirical probability of X, S(X)=rank/19
T_2: the maximum difference of | Fi*-Si | and | Fi*-S_{i-1} |

表2. 利用Lilliefors test及決定係數，檢定物種分布呈對數常態分布及幾何級數型

Table 2. Data on species distribution: test of its fitness to lognormal distribution and geometric series

Plot	No.	T_2	$R^2(F^*)$	$R^2(S)$	$1-R^2(S)$	$R^2(F^*)-R^2(S)$
A 1	12	0.10337	0.9791	0.9657	0.0343	0.0134
A 2	11	0.20233	0.9884	0.9031	0.0969	0.0853
A 3	8	0.14188	0.9847	0.9702	0.0298	0.0145
A 4	11	0.15213	0.9914	0.9434	0.0566	0.0480
A 5	15	0.16834	0.9960	0.9440	0.0560	0.0520
A 6	10	0.15318	0.9714	0.9231	0.0769	0.0483
A 7	11	0.18981	0.9922	0.9178	0.0822	0.0744
A 8	12	0.10089	0.9801	0.9669	0.0331	0.0132
B 1	10	0.18680	0.9773	0.9249	0.0751	0.0524
B 2	10	0.14352	0.9845	0.9608	0.0392	0.0237
B 3	11	0.12155	0.9831	0.9675	0.0325	0.0156
B 4	14	0.12252	0.9813	0.9777	0.0223	0.0036
C 1	9	0.14477	0.9940	0.9722	0.0278	0.0218
C 2	11	0.18360	0.9874	0.9124	0.0876	0.0750
C 3	14	0.13257	0.9817	0.9655	0.0345	0.0162
D 1	15	0.15089	0.9594	0.8716	0.1284	0.0878
D 2	13	0.15573	0.9759	0.9137	0.0863	0.0622
D 3	13	0.12478	0.9696	0.9392	0.0608	0.0304
D 4	10	0.20608	0.9876	0.9614	0.0386	0.0262
E 1	13	0.11298	0.9718	0.9245	0.0755	0.0473
E 2	15	0.17097	0.9380	0.8451	0.1549	0.0929
E 3	19	0.08417	0.9536	0.9386	0.0614	0.0150

No.: number of species in the plot
T_2: the statistics of Lilliefors test, max. dif. between F and S
$R^2(F^*)$: the coef. of determination derived from -ln P(W) reg. on F*
$R^2(S)$: the coef. of determination derived from -ln P(W) reg. on S

表示$R^2(F^*)$ 顯著地大為$R^2(S)$，故可以確定物種的分布與對數常態分布較接近。

為進一步確定本研究之試驗田區雜草物種之生物量是否呈對數常態分布，遂將各小區物種之生物量分別代人 $\lambda=\pm5$、±4、±3、±2、±1、±0.5、±0.25、±0.2、±0.15、±0.1、±0.05、±0.025、±0.015、±0.01、±0.005、0的Box-Cox冪轉換式[3]中；各組轉換資料分別進行Lilliefors test，找出符合於常態分布之轉換式（此時Lilliefors檢定標準為$\alpha=0.2$），將其λ值集合成一λ區間（圖1）。由圖1亦可看出T_2值在λ區間內恰有一最小值，根據 Lilliefors test 檢定常態適合度的原理：T_2 愈小，表示實際的分布愈接近常態分布；故取最小T_2值所對應的λ代入Box-Cox轉換式中，所得之轉換值最能符合常態分布。唯22個小區所求得之λ區間並不相同(表3)，取其交集為$-0.027\sim0.01$

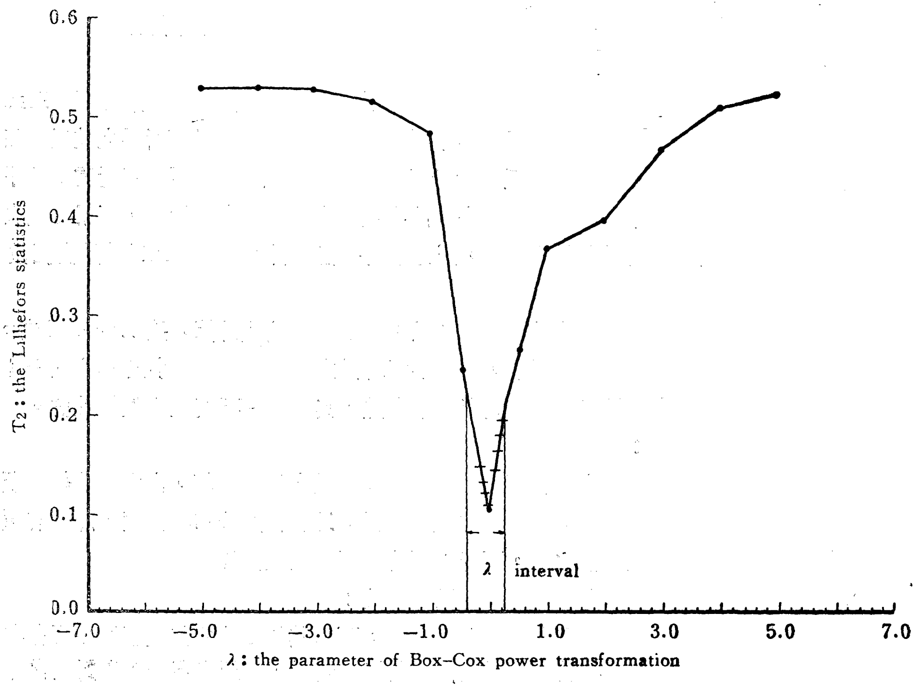


fig 1. An example of finding the λ interval by T_2 statistics

圖1. 利用T_2介量找出符合常態性的λ區間

表3. 各小區所求得之λ區間

Table 3. λ intervals of 22 plots

plot	min	max	plot	min	max
A 1	− 0.385	0.265	B 4	− 0.289	0.196
A 2	− 0.794	0.010	C 1	− 0.186	0.224
A 3	− 0.771	0.400	C 2	− 0.709	0.055
A 4	− 0.193	0.433	C 3	− 0.275	0.199
A 5	− 0.129	0.639	D 1	− 0.087	0.095
A 6	− 0.495	0.415	D 2	− 0.114	0.158
A 7	− 0.245	0.044	D 3	− 0.655	0.242
A 8	− 0.542	0.240	D 4	− 0.035	0.489
B 1	− 0.092	0.244	E 1	− 1.001	0.281
B 2	− 0.407	0.199	E 2	− 0.027	0.162
B 3	− 0.567	0.437	E 3	− 0.369	0.337

min: the minimum value of λ interval

max: the maximum value of λ interval

，由於λ取小數點二位以下之冪轉換並不普遍，故以零爲其代表值。Box-Cox轉換式中λ=0恰爲對數轉換，故本結果更支持：本研究之試驗田區，雜草物種生物量的分布爲對數常態分布。

二、小區物種的優勢度和歧異度指數

利用小區內各物種之相對重量，求得 Simpson氏[23] 之歧異度指數、優勢度指數及 Shannon 氏[21] 之歧異度指數、優勢度指數。結果（表4）發現，按 Simpson氏公式計算所得之歧異度指數均較Shannon氏所得結果大，而優勢度則恰好相反。此乃Simpson氏係以各物種所占相對重量的平方和爲優勢度指數，稀有種相對重量經平方後，其值更小，故在指數中僅占極小的比例，而用1減去優勢度指數所得之歧異度指數，反而强調稀有種的份量，因此用同一組資料，Simpson氏歧異度指數較Shannon氏爲大。

由草本植物所形成的生物社會，當歧異度指數（以Shannon氏公式計算）達0.6～0.8者，[10] 即爲發育成熟、穩定之生物社會。若根據此標準，22個小區所得之歧異度指數多小於 0.6 （表4），可推論：由水稻田休耕而發展出來的雜草社會，發育尚未成熟，其仍爲一不安定的生物社會。

三、生態介值與分布介值之關係：

利用刀削法，計算各小區物種分布的歪度、峰度及變異係數之刀削估值，由表5的結果顯示，各小區物種分布的歪度、峰度及變異係數，與零多有顯著差異，即和常態分布的歪度、峰度有顯著的區別。又所求得之歪度均呈正偏斜（右偏斜），而峰度則皆爲正峰度（尖峰）

將前述各重要介值經相關分析（表6），可得以下結論：

1.$1-R^2(S)$ 與$R^2(F^*)-R^2(S)$ 的相關係數高達0.919，而和其他屬性皆無顯著的相關存在，可知幾何級數對實際分布的偏離，主要存在於它對對數常態曲線的偏離，亦即實際分布和對數常態分布非

表4. 各小區物種的歧異度和優勢指數

Table 4. Diversity and dominance indexes of weed community

plot	Simpson		Shannon	
	Domi. Ind.	Diver. Ind.	Domi. Ind.	Diver. Ind.
A 1	0.3817	0.6183	0.4823	0.5177
A 2	0.2232	0.7768	0.2835	0.7165
A 3	0.5062	0.4938	0.6072	0.3928
A 4	0.5219	0.4781	0.5422	0.4578
A 5	0.1382	0.8618	0.2058	0.7942
A 6	0.3934	0.6066	0.3873	0.6127
A 7	0.3669	0.6331	0.4731	0.5269
A 8	0.5165	0.4835	0.5743	0.4257
B 1	0.2773	0.7227	0.3075	0.6925
B 2	0.4918	0.5082	0.5251	0.4749
B 3	0.2710	0.7290	0.3264	0.6736
B 4	0.5370	0.4630	0.6098	0.3902
C 1	0.4289	0.5711	0.4921	0.5079
C 2	0.4346	0.5654	0.5601	0.4399
C 3	0.5164	0.4836	0.6457	0.3543
D 1	0.4840	0.5160	0.5174	0.4826
D 2	0.5787	0.4213	0.6236	0.3764
D 3	0.5461	0.4539	0.6033	0.3967
D 4	0.4829	0.5171	0.5166	0.4884
E 1	0.3283	0.6717	0.3851	0.6149
E 2	0.4681	0.5319	0.4875	0.5125
E 3	0.3932	0.6068	0.4569	0.5431

Domi. Ind.-dominance index.
Diver. Ind.-diversity index.

表5. 物種分布的歪度、峯度及變異係數

Table 5. Coefficient of skewness, kurtosis and coefficient of variation of species distribution

Plot	Skewness			Kurtosis			Coef. of Variation		
	g(j)	SE	t	k(j)	SE	t	C. V.(j)	SE	t
A 1	3.815	0.655	5.828**	24.381	3.953	6.617**	229.375	50.492	4.543**
A 2	4.135	0.500	8.278**	26.673	2.977	8.960**	268.866	51.607	5.210**
A 3	5.015	1.162	4.315**	32.672	6.465	5.054**	292.570	63.533	4.605**
A 4	0.705	0.943	0.747	7.267	3.286	2.122	117.403	30.695	3.825**
A 5	0.863	0.549	1.572	7.911	1.457	5.428**	104.099	21.691	4.799**
A 6	5.785	1.633	3.478**	34.774	7.604	4.573**	275.985	85.350	3.233**
A 7	1.068	1.479	0.722	5.013	9.068	0.553	160.987	60.831	2.646*
A 8	5.471	0.977	5.598**	34.903	5.956	5.860**	343.918	74.823	4.596**
B 1	2.371	0.683	3.471**	16.132	3.491	4.621**	152.874	34.530	4.427**
B 2	4.139	0.344	12.025**	26.726	1.707	15.660**	282.918	58.100	4.869**
B 3	1.640	0.975	1.683	10.119	5.621	1.800	149.731	32.584	4.595**
B 4	6.533	1.492	4.378**	41.966	9.180	4.572**	403.690	94.529	4.271**
C 1	2.927	0.517	5.664**	20.483	2.623	7.810**	199.779	45.803	4.362**
C 2	1.294	1.478	0.876	6.421	9.052	0.709	170.420	82.578	2.064
C 3	3.759	0.664	5.663**	23.199	4.204	5.518**	286.596	65.559	4.372**
D 1	7.186	1.747	4.115**	45.640	9.857	4.630**	439.268	140.058	3.316**
D 2	6.092	1.125	5.417**	38.826	6.757	5.746**	417.681	98.080	4.259**
D 3	4.991	0.310	16.103**	31.748	1.657	19.158**	369.586	74.355	4.971**
D 4	5.934	1.778	3.337**	35.295	7.922	4.455**	312.389	81.492	3.833**
E 1	3.660	0.545	6.483**	22.316	3.461	6.447**	232.036	53.207	4.361**
E 2	8.179	2.640	3.098**	49.395	12.925	3.822**	452.054	160.030	2.825*
E 3	8.777	2.730	3.216**	57.314	15.398	3.722**	435.336	150.451	2.894**

g(j) : the Jackknife Estimate of Coef. of Skweness

k(j) : the Jackknife Estimate of Coef. of Kurtosis

C. V.(j) : the Jackknife Estimate of Coef. of Variation

** and *, significant at 1% and 5% level, respectively (these signs also used in significant test later of this paper)

表5. 雜草社會中各重要介值的相關矩陣

Table 6. Correlations among estimates of parameters of weed communities. (n=22)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.000	−0.707**	0.074	0.309	−0.286	−0.063	−0.009	0.034	0.003	−0.035	0.489*	0.509*	0.379
2		1.000	−0.207	−0.324	0.692**	0.507*	0.593**	0.737**	−0.364	−0.660**	0.007	0.012	−0.039
3			1.000	0.919**	−0.107	−0.085	−0.085	−0.084	0.232	0.031	−0.058	−0.090	0.100
4				1.000	−0.234	0.059	0.032	−0.018	0.101	−0.005	0.263	0.230	0.354
5					1.000	0.444*	0.499*	0.587**	−0.117	−0.587**	0.012	0.014	0.044
6						1.000	0.972**	0.889**	−0.645**	−0.709**	0.671**	0.643**	0.602**
7							1.000	0.956**	−0.699**	−0.821**	0.628**	0.605**	0.578**
8								1.000	−0.630**	−0.400	0.474*	0.451*	0.413
9									1.000	0.652**	−0.446*	−0.439*	−0.425*
10										1.000	−0.400	−0.399	−0.357
11											1.000	0.953**	0.867**
12												1.000	0.811**
13													1.000

1) no. of species
2) regression coef. of -ln P(W) on F*
3) 1-R^2(S)
4) R^2(F*)-R^2(S)
5) total biomass (g/m^2)
6) P_1, propotion of the most dominant species
7) $\sum P_i^2$, index of dominance by Simpson
8) 1-H'/H'_{max}, index of dominance by Shannon
9) 1-$\sum P_i^2$, index of diversity by Simpson
10) H'/H'_{max}, index of diversity by Shannon
11) jackknife estimate of skewness coef.
12) jackknife estimate of kurtosis coef.
13) jackknife estimate of C. V. (coef. of variation)

常接近。

2.小區的總生物量和最優勢種所占的百分比（P_1），有顯著的正相關存在，即當優勢種優勢的程度愈大時，稀有種所占的份量相對減少，使優勢種的種間競爭壓力減小，故愈能發揮族羣潛能；由於優勢種的生物量占總生物量的多數，所以優勢種之百分比愈高，則小區的總生物量愈大。

3.優勢度指數和P_1呈顯著的正相關，尤其是Simpson氏優勢度指數和P_1間的相關更高達 0.972，表示由 P_1 即可窺出雜草社會中物種優勢集中的程度，此係本試驗中，最優勢種和次優勢種之百分比差很大，顯示所調查的雜草社會僅有一優勢種，由於 Simpson 氏公式（$\sum_{i=1}^{n} P_i^2$）特別强調優勢種所占份量，故P_1與Simpson氏優勢度指數相關程度很高。

4.物種分布的歪度、峰度及變異係數，彼此間均有顯著的正相關存在，亦即分布的偏歪程度愈大時，其峰度愈尖，而變異係數也愈大。且三個介量與P_1均有極顯著的正相關，可知物種的分布主要受P_1的影響。

5.$-\ell nP$對F^*配合直線迴歸所得之迴歸係數、歪度、峰度及變異係數，均與 Simpson 氏優勢度指數有極顯著的正相關存在，故此四介值亦可以用來推測物種優勢集中的情形。

6.歧異度指數與P_1、優勢度指數呈顯著的負相關，而和種數不相關。此表示歧異度愈大、則物種的分布愈均勻，優勢度指數愈小；歧異度指數表示物種分布的均勻程度，和種數多寡無關。

四、再生稻的種內競爭：

將再生稻之密度（株/m^2）分爲下列五個處理等級：

1：小於11株/m^2者，計有 2 個重複。

2：11～13株/m^2者，計有 4 個重複。

3：14～16株/m^2者，計有 7 個重複。

4：17～19株/m^2者，計有 7 個重複。

5：大於19株/m^2者，計有 2 個重複。

以各小區再生稻平均株重爲指標，進行完全逢機設計之變方分析。結果發現，在不同密度下，再生稻的平均株重並沒有顯著的差異。根據 Hollday[11] 研究結果：當有種內競爭發生時，植物之平均株重，隨著密度增加而減小；可推論：在本研究中，再生稻種內的競爭並不明顯。

五、再生稻及落粒稻與雜草之種間競爭：

將各小區再生稻及落粒稻之總生物量、株數、平均株重分別和雜草之種類、總生物量進行相關分析，得知雜草的總生物量與再生稻，落粒稻的總生物量均有顯著的負相關（表7），此可證明水稻和

表7. 相 關 矩 陣

Table 7. Correlation matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8
1.		− 0.2216	− 0.0001	0.1867	− 0.0706	− 0.2227	− 0.1783	0.0038
2.			− 0.5699**	− 0.4975*	− 0.5127*	− 0.4787*	− 0.3889	− 0.2661
3.				0.7824**	0.8714**	0.1884	0.1268	0.2388
4.					0.4241*	− 0.0295	− 0.0091	0.0698
5.						0.3761	0.2650	0.3809
6.							0.9438**	0.1951
7.								− 0.0597
8.								

1) no. of weed species
2) total biomass of weed
3) total biomass of ratoon rice
4) hill no. of ratoon rice
5) per hill biomass of ratoon rice
6) total biomass of shattered rice
7) hill no. of shattered rice
8) per hill biomass of shattered rice

雜草間確存有種間競爭。本研究即以再生稻和落粒稻之總生物量進行以下分析。

將同科之雜草物種之生物量合併，經開平方根轉換後，再與再生稻和落粒稻進行相關分析，結果（表8）發現，影響再生稻和落粒稻之生物量最顯著的雜草，咸爲禾本科和茜草科。此乃水稻亦爲禾本科，而同科之物種，在演化上種源較接近，其生理與養分需求較相似，故對環境資源的競爭明顯。同時根據調查結果發現，禾本科之水稗，茜草科之珠仔草，爲再生稻田中最普遍的雜草。

表8. 再生稻、落粒稻和各科雜草間的相關

Table 8. Correlation between family of weed and rice

No.	Ratoon.	Shattered	No.	Ratoon.	Shattered
X 1	−0.5761**	−0.5167*	X 8	0.0351	−0.2009
X 2	−0.1606	−0.0690	X 9	−0.1307	−0.2707
X 3	0.1686	−0.2868	X10	0.3432	−0.0717
X 4	0.0399	−0.1282	X11	−0.2455	−0.0391
X 5	−0.2562	−0.1637	X12	−0.0933	−0.2588
X 6	−0.3670	0.2271	X13	−0.0344	−0.1811
X 7	−0.5149*	−0.5371*	Z 1		0.2305
			Z 2	0.2868	

註X 1：禾本科 (*Gramineae*) ——水稗、馬唐、芒稷、千金子、李氏禾
X 2：莎草科 (*Cyperaceae*) ——木虱草、飄佛草、水蜈蚣、球花蒿草
X 3：玄參科 (*Scrophulariaceae*) ——鋸葉定經草、心葉母草
X 4：菊科 (*Compositae*) ——昭和草、白花藿香薊、野塘蒿
X 5：蕨類 (Pteridophyta) ——水蕨、田字草
X 6：柳葉菜科 (*Onagraceae*) ——水丁香，千屈菜科 (*Lythraceae*) ——水猪母乳草
X 7：茜草科 (*Rubiaceae*) ——珠仔草
X 8：石竹科 (*Caryophyllaceae*) ——菁芳草、天蓬草，蓼科——水蓼 (*Polygonaceae*)
X 9：澤瀉科 (*Alismataceae*) ——野茨菰
X10：莧科 (*Amaranthaceae*) ——滿天星
X11：唇形科 (*Labiatae*) ——紫蘇
X12：鴨跖草科 (*Commelinaceae*) ——水竹葉
X13：旋花科 (*Convolvulaceae*) ——槭葉牽牛
Z 1：再生稻 (Ratoon rice)
Z 2：落粒稻 (Shattered rice)

禾本科與茜草科雜草間的相關並不顯著〔$r=0.3512$, ，小於$0.4227(\alpha=0.05)$〕，可知此二科雜草對再生稻、落粒稻均有競爭作用，然彼此間，並沒有交互作用的現象發生。故本研究將 Dew [6] 的公式直接擴展成含兩個自變數的複迴歸模式。

複迴歸分析的結果，得以下二迴歸式：

$$Y_1=341.300-8.633X_1-19.618X_7 \quad (1)$$

$$Y_2=94.387-3.144X_1-9.721X_7 \quad (2)$$

式中Y_1、Y_2 分別爲再生稻及落粒稻在小區中的總生物量，X_1、X_7爲禾本科及茜草科雜草在小區中生物量經開平方根後的值。

將配合二式所得之殘差項，經 Lilliefors test ，檢定其殘差項皆符合常態分布，遂繼續進行迴歸式及迴歸係數的顯著性測驗。

二迴歸式經F test其迴歸均方均極顯著，表示可利用此二迴歸式來解釋Y_1、Y_2的變化情形。而二式中，相對於X_1與X_7的淨迴歸係數，經t-test亦均達 $\alpha=0.07$的顯著水準，可進一步證明，再生稻、落粒稻與禾本科、茜草科雜草間確存有種間的競爭作用。

比較再生稻對二科雜草所做的迴歸式，相對於X_1與X_7的標準淨迴歸係數分別爲 —0.451，—0.357，表示禾本科雜草對再生稻的競爭較茜草科爲大（∣—0.451∣>∣—0.357∣）；而落粒稻則受茜草科的影響較禾本科大（∣—0.405∣>∣—0.375∣）蓋再生稻與水稗體型較接近，彼此間競爭亦較劇烈；而落粒稻普遍爲單分蘖，且較矮小，故受珠仔草的影響較大。

再比較禾本科對再生稻和落粒稻的影響，亦可由標準淨迴歸係數推得之：
∣—0.451∣>∣—0.375∣表示禾本科雜草對再生稻的競爭作用較大；而茜草科雜草則對落粒稻的競爭作用較大（∣—0.357∣<∣—0.405∣）。

六、再生稻和落粒稻二族羣競爭壓力之比較：

關於族羣所受之競爭壓力，可由其分布型態、變異係數、歪度等分布介值[14] 表示之。玆分述如下：

1.族羣的分布：

利用 Lilliefors test進行各小區內再生稻、落粒稻二族羣株重是否呈對數常態分布或常態分布的適合度檢定；由表 9 的結果發現：該二族羣多能符合對數常態分布；而從表10的結果發現：再生稻族羣皆能符合常態分布，落粒稻則多不能符合常態分布。可知再生稻族羣的分布介於常態分布與對常態分布之間，而落粒稻族羣則介於對數常態分布與更偏歪的L型分布間；當競爭壓力愈大時，則族羣的分布愈偏歪，故可推論落粒稻所受的競爭壓力較再生稻大。

2.族羣的變異係數：

利用刀削法求再生稻及落粒稻二族羣株重的變異係數，經 t-test檢定結果（表11），落粒稻的

表9. 水稻族羣之對數常態性檢定

Table 9. Log-normality test of rice population

plot	Ratoon rice		Shattered rice	
	T_2	α	T_2	α
A 1	0.22090	0.10	0.20828	
A 2	0.19829	0.20	0.21434	0.01
A 3	0.15059	0.05	0.12054	0.01
A 4	0.09255	0.20	0.05854	0.05
A 5	0.14990	0.20	0.11670	0.20
A 6	0.18344	—	—	—
A 7	0.26230	—	—	—
A 8	0.18856	0.20	0.19743	0.10
B 1	0.11979	0.20	0.10496	0.20
B 2	0.22746	0.01	0.06664	0.01
B 3	0.09605	0.20	0.04592	0.20
B 4	0.09972	0.20	0.03396	0.20
C 1	0.15699	0.20	0.07868	0.20
C 2	0.30841		0.09688	0.20
C 3	0.13501	0.15	0.07651	0.20
D 1	0.19176	0.05	0.11584	0.20
D 2	0.12425	0.20	0.10441	0.20
D 3	0.13674	0.20	0.17220	0.05
D 4	0.12466	0.20	0.11407	0.15
E 1	0.14843	0.20	0.22638	0.20
E 2	0.15715	0.20	0.13624	0.20
E 3	0.16023	0.20	0.27730	0.20

T_2: max. dif. between F* and S
α: Lilliefors acceptable level
–: missing plot

表10. 水稻族羣之常態性檢定

Table 10. Normality test of rice population

Plot	Ratoon rice		Shattered rice	
	T_2	α	T_2	α
A 1	0.22948	0.10	0.14383	0.20
A 2	0.19455	0.20	0.33520	<0.01
A 3	0.14250	0.15	0.09796	0.20
A 4	0.10980	0.20	0.15028	<0.01
A 5	0.18224	0.20	0.16440	<0.01
A 6	0.24041	0.20	—	—
A 7	0.23476	0.01	—	—
A 8	0.25164	0.10	0.34246	<0.01
B 1	0.15339	0.20	0.14036	<0.01
B 2	0.16198	0.20	0.18778	<0.01
B 3	0.16251	0.20	0.14062	<0.01
B 4	0.09916	0.20	0.20097	<0.01
C 1	0.11280	0.20	0.17356	<0.01
C 2	0.15246	0.20	0.13070	<0.01
C 3	0.10471	0.20	0.18062	<0.01
D 1	0.16147	0.20	0.14680	<0.01
D 2	0.18199	0.05	0.21708	<0.01
D 3	0.19535	0.05	0.13982	0.20
D 4	0.13527	0.20	0.17627	<0.01
E 1	0.11431	0.20	0.12035	0.20
E 2	0.17726	0.10	0.17280	<0.01
E 3	0.12300	0.20	0.31200	<0.01

T_2: max. Dif. between F* and S
α: Lilliefors acceptable level
-: missing plot

表11. 再生稻與落粒稻二族羣間變異係數的比數

Table 11. Comparison of coefficient of variation between ratoon rice and shattered rice population

plot	C. V.(R)	SE(R)	C. V.(S)	SE(S)	t(R-S)
A 1	66.097**	17.168	25.624**	5.055	2.261*
A 2	73.833**	20.729	52.534**	6.234	0.984
A 3	77.378**	10.160	45.567**	4.464	2.876**
A 4	56.804**	10.934	54.705**	3.640	0.182
A 5	38.212**	6.063	58.407**	7.300	−2.128*
A 6	47.929**	15.429	—	—	—
A 7	56.544**	8.755	—	—	—
A 8	51.373**	11.950	107.168**	14.630	−2.954**
B 1	65.146**	15.597	66.520**	7.420	0.080
B 2	30.823**	10.079	98.722**	9.005	−5.024**
B 3	48.634**	7.849	73.076**	4.179	−5.749**
B 4	54.558**	10.090	101.847**	19.378	−2.165**
C 1	42.136**	7.531	78.223**	4.660	−4.098**
C 2	56.501**	10.145	2204.197*	1024.208	−2.097*
C 3	28.198**	5.216	98.712**	5.225	−2.594*
D 1	30.547**	6.700	75.361**	17.417	−2.401*
D 2	33.020**	8.352	48.431**	7.834	−2.398*
D 3	33.857**	7.416	48.431**	7.834	−1.351
D 4	29.127**	7.397	53.931**	7.418	−2.368*
E 1	37.754**	9.359	23.856*	8.148	1.120
E 2	34.049**	4.771	70.146**	9.825	−3.305**
E 3	40.020**	7.792	88.340**	31.041	−1.510

C. V.(R): the jackknife estimate of C. V. of ratoon rice popn.
C. V.(S): the jackknife estimate of C. V. of shattered rice popn.
SE(R): the standard error of C. V.(R)
SE(S): the standard error of C. V.(S)
t(R-S): the estimated t-value to test the significance between C. V.(R) and C. V.(S)
-: missing plot

變異係數多大於再生稻之變異係數，且均有顯著的差異，根據前人理論[12]：族羣的變異係數隨競爭壓力的增大而增大。可證明在同一環境下；落粒稻所承受的競爭壓力較再生稻大。

3. 族羣的歪度：

利用刀削法估算再生稻和落粒稻二族羣株重之歪度，並比較其大小；由表12的結果發現：再生稻之歪度與零多無顯著差異，而落粒稻則與零多有顯著差異，此結果與再生稻多符合 Lilliefors 常態性檢定，而落粒稻則否之結果一致；由落粒稻族羣的歪度多大於再生稻之歪度，推論其所受的競爭壓力較大，此亦與1、2項之結論一致。

表12. 再生稻與落粒稻二族羣歪度的比較

Table 12. Comparison of skewness coefficient between ratoon rice and shattered rice population

plot	g(R)	SE(R)	g(S)	SE(S)	t(R-S)
A 1	−0.188	0.622	−0.457	−0.499	0.337
A 2	0.100	0.699	0.532	1.029	−0.346
A 3	0.779*	0.365	0.161	0.262	1.375
A 4	1.286	0.766	1.690**	0.314	−0.488
A 5	0.201	0.528	0.932*	0.409	−1.095
A 6	0.101	1.162	—	—	—
A 7	1.371*	0.585	—	—	—
A 8	0.237	0.780	1.562	1.179	−0.937
B 1	1.095	0.883	1.340**	0.350	−0.258
B 2	−1.895	1.100	2.649**	0.489	−3.769**
B 3	0.352	0.504	−69.224**	4.220	16.371**
B 4	0.197	0.377	3.429**	1.453	−2.153*
C 1	−0.132	0.425	1.328**	0.208	−3.086**
C 2	0.180	0.412	−3270.876**	583.456	5.606**
C 3	−0.271	0.491	−26.580**	0.390	41.957**
D 1	−0.257	0.525	3.833*	1.872	−2.104*
D 2	−1.367*	0.591	1.476*	0.554	−3.510**
D 3	−0.736	0.480	1.240	0.712	−2.301*
D 4	−0.866	0.955	1.651**	0.497	−2.338*
E 1	−0.796	0.690	−0.718	1.029	−0.008
E 2	−0.049	0.399	0.796	0.459	−1.389*
E 3	−0.412	0.337	2.806*	0.659	−4.348**

g(R): the jackknife estimate of skewness coef. of ratoon rice popn.
g(S): the jackknife estimate of skewness coef. of shattered rice popn.
SE(R): the standard error of g(R)
SE(S): the standard error of g(S)
t(R-S): the estimated t-value to test the significance between g(R) and g(S)
-: missing plot

討 論

一、雜草社會中物種生物量的分布：

本研究應用 Lilliefors 氏之常態性適合度檢定法，及直線迴歸所求得之決定係數，檢定物種生物量之分布呈對數常態分布，此與Oka & Liu [18] 所獲得之結果相同；作者更將樣品變值經不同 λ 值之Box-Cox冪轉換，分別進行 Lilliefors test，取符合常態性λ值，形成－λ區間，發現22個小區所得之 λ 區間，其交集為—0.027～0.010，故進一步證明，本研究所調查田區之雜草社會，雖然包含了再生稻，落粒稻二不逢機發生的族羣，物種生物量的分布仍趨近於為對數常態分布。此種結果暗示調節物種族羣消長的各種力量係以乘積性的方式來構築羣落 [18] 。

二、Simpson氏及Shannon氏所提優勢度及歧異度指數的比較：

Simpson氏以機率的觀點提出以各物種在社會中所占百分比之平方和為優勢度指數，加重了優勢種在優勢度指數中所占的比例；而 Shannon氏則由訊息理論（Information theory）推衍出歧異度指數為$-\sum_{i=1}^{n}P_i\ln P_i$，此指數主要受中間種（介於優勢種和稀有種之間）的影響 [20] 。

本研究估算物種優勢度之目的，是為了瞭解雜草社會中優勢種優勢集中的程度，故以Simpson氏之優勢度指數較Shannon氏為佳。而從調查的資料顯示，最優勢種(P_1)和次勢種在社會中所占百分比之差很大，形成一絕對優勢種，故從表 6 中P_1與Simpson氏優勢度指數之相關係數，可證明Simpson氏之優勢度指數較Shannon氏好。

Simpson氏歧異度指數係以 1 減去優勢度指數，反而强調稀有種，此與歧異度指數為描述個體在不同種間分布均勻的程度之目的不一致，故作者認為以Shannon氏所提之歧異度指數較好。

二氏所提之公式皆以個體為單位，而本研究則以重量為單位，此可以避免因物種個體差異太大，而使優勢度及歧異度指數無法對生物社會做正確描述的缺點；且亦可據此來說明生物社會中，各物種對環境資源的分配情形。

三、用雜草的生物量估算複迴歸式的缺點：

本研究根據 Dew [6] ：以直線迴歸式解釋作物產量受雜草密度影響的程度，將再生稻和落粒稻之生物量分別與禾本科和茜草科雜草之生物量配合複迴歸模式，且以標準淨迴歸係數的大小解釋各科雜草對水稻族羣的競爭程度。

Dew 等人 [16,7,19] 所分析的資料，作物產量與經轉換後的雜草密度，相關係數皆大於—0.95 ，而本研究中作物生物量和各科雜草生物量（經轉換後）的相關係數僅介於—0.5167～—0.5761之間，是否可據此推論：影響作物生物量者，係為雜草密度而非生物量，則有待進一步的試驗證明。

比較標準淨迴歸係數，則落粒稻受茜草科雜草的影響較禾本科為大，然禾本科雜草在小區中之生物量遠較茜草科為大，使得小區中禾本科雜草對落粒稻所形成的競爭壓力較茜草科為大。故由標準淨迴歸係數，僅能比較物種間單位生物量競爭的程度，而無法說明作物所承受競爭壓力的來源。又農藝的目標，係為了找出眞正影響再生稻產量的雜草，並根據產量的要求，決定雜草防除的程度。本研究以雜草之生物量為自變數，而未調查雜草的密度，故無法有效地應用於雜草防除的課題。

四、再生稻與落粒稻的生理比較：

再生稻係由前作所遺留的稻椿中長出，在空間的分布上較其它物種佔優勢，且其根羣深入土層，受乾旱的限制較小，故在發芽初期即較其它雜草物種有較大的優勢和活性。根據本試驗調查結果，雜草社會中的最優勢種多為再生稻。如落粒稻從落粒、發芽、生長到成熟均受空間、水分、養分及其它雜草嚴重的影響，故在同一環境下，落粒稻所承受的競爭壓力較再生稻大；此可由再生稻皆為多分蘗，而落粒稻為單分蘗的現象窺見之。

在一沒有競爭壓力的環境下，同一族羣各個個體都會盡其潛力發揮最大的生產力，此時族羣的分布呈鐘罩形（bell-shape），變異係數不大，歪度亦不顯著；反之，若在競爭壓力下，物種的分布呈

L型，變異係數變大，有明顯的歪度[15,24]。本研究分別調查再生稻和落粒稻二族羣的分布，並估算其變異係數和歪度，得知落粒稻之分布較再生稻偏歪，且變異係數、歪度皆大於再生稻，故可用族羣的分布、變異係數，歪度來推測族羣所承受競爭壓力的大小。

五、本研究採用常態性顯著性測驗法、Lilliefors test及刀削法等統計方法之原因：

1.常態性顯著性測驗法：

進行測驗的族羣需符合常態分布，然本研究所提及之估值皆由樣品估出，根據大數法則，當樣品愈大時，則樣品平均愈趨近於常態分布，故可進行常態性之顯著性測驗。

2.Lilliefors test:

常態性檢定的方法很多，可是在小樣品的場合，以無介量之Lilliefor氏檢定法較準確[5]。

3.刀削法：

當樣品的分布不成常態分布時，則無法得歪度、峰度、變異係數等族羣分布介量的標準機差[9]，刀削法[25]可估算出無偏的分布介值及其標準機差，如果此樣品分布爲連續，則刀削估值的取樣機差接近常態[2]，故可用t-test來比較不同樣品所估算出分布介值的差異是否顯著。

參考文獻

1. 鄔宏潘 1984 植物間的相互作用對植物生長的影響 科學發展月刊第十二卷第十期 pag. 773, 790.
2. Arvesen, J. N. 1969. Jakknifing U-statistics. Annals of Mathematical Statistics. 40 : 2076-2100.
3. Box, G. E. P. and D. R. Cox. 1964. An analysis of transfomations. J. R. S. S. Ser. B. 26 : 211-252.
4. Clements, F. E. 1928. Plant Succession an d Indicators. H. W. Wilson Company. New York.
5. Conover, W. J. 1971. Pratical Non-parametric Statistics. Wiley. New York. 462 pp.
6. Dew, D. A. 1972. An Index of competition for estimating crop loss of due to weeds. Can. J. Plant Sci. 52 : 921-927.
7. Dew, D. A. andC. H. Keys. 1976. An index of Competition for estimating loss of rape due to wild oats. Can. J. Plant Sci. 56 : 1005-1006.
8. Dimbleby, G. W. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15 : 1-118.
9. Fisher, R. A. 1973. Statistical Methods for Research Workers. 14th ed. Hafner. New York.
10. Harper, J. L. 1969. The role of predation in vegetation diversity. Bockhaven Sym. Biol. 22 : 48-62.
11. Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield. Nature. 186 : 22-24.
12. Kira, T. K., H. Ogawa, and N. Sakazaki, 1953. Interspecific competition among higher plants. I: Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed population. J. Inst. Polytechnics. Osaka City Univ. Ser. D. 7 : 73-94.
13. Margalef, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory. Univ. of Chicago Press. Chicago. 112 pp.
14. McGilchrist, C. A. 1965. Analysis of competition experiments. Biometrics. 21 : 975-985.
15. Mead, R. 1967. A mathematical model for the estimation of interplant competition. Biometrics. 23 : 189-205.
16. Milthorpe, F. L. 1961. Mechanisms in biological competition. Soc. Exptl. Biol. Symp. 15 : 365.
17. Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. 2nd ed. W. B. Saunders Co. Philadelphia, Pa. 546 pp.
18. Oka, H. I. and C. Liu. 1984. The lognormal distribution of species in weed communities. Proceedings of National Science Council. R. O. C. Part B: Life Science. 8(1) : 19-25.
19. O'Sullivan, P. A., V. C. Kossatz, G. M. Weiss, and D. A. Dew. 1982 An approach to estimating yield loss of barley dew to Canada thistle. Can. J. Plant Sci. 62 : 725-731.
20. Poole, R. W. 1974. An Introduction to Quantitative Ecology. McGraw-Hill Inc. Kogakusha, Ltd.
21. Shannon, C. E. and W. Wiener. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. of Illinois Press. Urbana.

22. Shelford, V. E. 1913. Animal Communities in Temperate America. Univ. of Chicago Press. Chicago.

23. Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature. 163 : 588.

24. Stewart, S. H., R. B. Bendel, and R. N. Mack. 1984. Assessing competition among skewed distribution of plant biomass: An application of the jackknife. Biometrics. 40 : 131-137.

25. Tukey, J. W. and F. Mosteller. 1968. Data analysis, including statistics. In the Handbook of Social Psychology. Vol. 1, (2nd ed., Lindzey G. and E. Aronson eds.) 130-160. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley.

26. Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science. 147 : 250-260.

27. Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems. 2nd ed. MacMillan. New York. 385 pp.

28. Willey, R. W. and S. B. Heath. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop yield. Adv. Agron. 21 : 281-321.

The Sequential Distribution of Species in Weed Communities and the Competition between Ratoon Rice and Weeds[1]

D. C. Shiou[2] and H. P. Wu[3]

Summary

The aims of this research were to investigate the sequential distribution of species in weed community, and to estimate the degree of competition among different major weed species with rice population. Results of this research were summarized as follows:

1. A survey of weed community developed from the abandoned rice field has demonstrated that the sequential distribution of weed species was exclusively lognormal and approximately geometric series. This suggested that weed species constructing community acted as multiplicative manner.

2. Since most of the diversity indexes of weed species derived from Shannon's equation were less than 0.6, the abandoned rice field, defined as weed community, was still in unstable stage.

3. Tests of skewness, kurtosis and C. V. of weed species all showed significantly positive correlation with Simpson's and Shannon's dominance index . These statistic results could also be used to express the degree of concentration of species dominance.

4. In the ratoon rice field, families of Gramineae and Rubiaceae were the two major weeds based on correlation analysis. Moreover, the Gramineae and Rubiaceae families showed more competitive effect respectively on ratoon rice population and shattered rice population according to the analysis of multiple regression.

5. The competition stress of the shattered rice was bigger than the ratoon based on three results: a) the shape of the distribution of shattered rice was skewer, b) the C. V. value of shattered rice was larger, and C) the skewness of shattered rice was drastically bigger than the ratoon rice.

---

1. Contribution No. 1335 from Taiwan Agricultural Research Institute. Part of thesis presented by the senior author in partial fulfillment of the M. S. requirements at Research Institute of Agronomy, National Taiwan University.

2. Assistant Statistician, Department of Agronomy, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

3. Research Fellow, Institute of Botany, Academia Sinica, Taipei.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36（2）：190～195（1987）

加工番石榴整枝方法

王　武　彰

摘要　加工番石榴栽培爲抑制枝梢過度生長，增進結果及維持較低着果部位，比較三種整枝方法對番石榴果樹及產量之影響。三種整枝方法爲屈株法、開心法、摘心法，並以放任不整枝爲對照。植株樹齡分幼年樹及成年樹兩種。經兩年調查結果，三種方法中以屈株法效果最佳。屈株法幼年樹其產量每株平均達21.43公斤，平均果重爲 184.07公克，而對照區其產量僅爲7.10公斤，平均果重僅 111.66公克。成年樹屈株法其每株平均產量高達70.84公斤，平均果重也達114.37公克；對照區其產量僅 66.57公斤，平均呆重因結果數多，果實變小僅達75.23 公克，各處理間差異顯着。而屈株法整枝於主幹之新梢上，着果可維持較低部位，操作管理方便。此法也適合生食用品種利用。

關鍵字：番石榴、整枝、中山月拔、屈株、開心、摘心、結果、產量。

番石榴俗稱拔仔，，爲臺灣重要水果之一，對風土適應性甚强，不擇土質、性耐乾燥、栽培容易、產期長、產量高、果實富營養、維生素含量高，一般除生食外又可加工製成果汁或果糊，芳香可口、爲夏季高級飲料。番石榴樹向枝梢生長性質甚强，結果多着生在枝條先端或新梢上。以往供加工之品種爲中山月拔，其栽培管理均較爲粗放，形成植株高大，果實採收與管理諸多不便。同時果實變小，產量減低，造成利潤降低等缺失，今爲抑制枝梢過度發育，減少養分虛耗，增進產量及維持較低之結果部位，同時便利管理起見，研究整枝方法以爲將來栽培之參考。

材料及方法

一、供試材料：

番石榴植株以鳳山熱帶園藝試驗分所試區所栽植之中山月拔爲主，供試植株樹齡分爲幼年樹（即一、二年生者）及成年樹（即四、五年生者）兩種同時實施。

二、試驗方法：

供試番石榴品種中山月拔分別於民國68年及71年間種植，栽植後按一般方法實施肥培管理與病蟲防治。整枝修剪方法則分爲屈株法、開心法、摘心法三種並以放任不整枝爲對照，每處理調查８株，採用完全逢機排列，試驗結果採用鄧肯氏多項變異測驗方法分析，各處理調查其結果數，產量及平均果重等。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告　1336　號
2.本計畫爲中央加强農村建設補助計畫　72農建—4.1—產—103⑻經費補助謹此致謝。
3.臺灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所助理。
4.本計畫文成後承蒙本分所林博士正忠、陳主任及分所長之修正，特此誌謝。

本試驗採用之整枝方法簡述如下：

（一）屈株型整枝法：

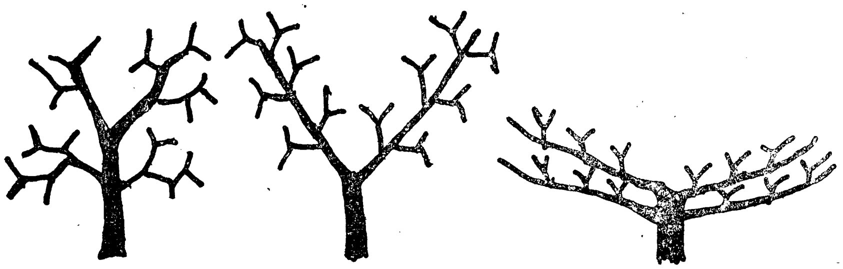
番石榴栽植後離地40至50公分處剪去主幹促使新芽生出，保留6～8枝構成將來之主幹，該主枝任其生長促使枝條因葉片之負重而往下垂，如未下垂還直立者，利用塑膠帶或竹條，將各主枝誘引向四面平伸或固定近水平，並將下部老葉去除，保留尾部45公分枝長之葉，然後用手指於枝幹綠褐色接觸點把枝幹扭傷，促使養分往下集中主幹上，則新芽即可長出着生花蕾開花結果，當果實採收後，把主幹已結果之分枝保留1至2節剪去，而再可長出結果枝，主枝之新梢部如過長，可斟酌剪除，以維持較低結果部位，便於操作管理及採收果實，且平均果重又可提高。

（二）開心型整枝法：

此法爲保持優良樹冠，增進日照、通風及便於噴藥、管理起見，將枝條修剪成中央空虛向四面開張之開心型，此法幼年樹離地面40～50公分高時，將主幹剪去，促使新芽長出，再將此主枝誘引向四週開張，剪去梢部，使新枝生出開花結果，慢慢構成樹型，此種型態每於採果後將向內外之細枝、交叉枝及密枝剪除。

（三）摘心型整枝法：

番石榴一般自幼樹即開始整枝，當種植後培育生長至離好40～50公分處剪斷，促使新芽長出，保留3～4枝，以構成將來之主枝，此後任其生長再保留20～40公分剪去，養成亞主枝及分枝成爲半圓型樹冠，此種整枝，經常以摘心實施，使新芽上着生花蕾開花結果，且每期採果後應將弱枝、徒長枝、交叉枝、枯枝及病蟲害枝剪除。



摘心型修剪法　　開心型修剪法　　屈株型修剪法

圖1.　番石榴整枝法之樹型

試驗結果

本研究採用屈株法、開心法、摘心法三種剪定法與放任不整枝爲對照共四種處理。比較各方法之優劣與產量之關係，經二年調查結果分別敍述如下列：

一、不同整枝方法對幼齡番石榴產量之影響：

供試植株依不同整枝方法栽植後逐漸構成各種樹型，經調查所得結果如表一。

由表一及圖二得知不同整枝樹型對幼年生加工用番石榴結果與產量有差異，總產量經分析有顯着差異，以屈株法較其他整枝型式爲佳，其產量每株平均重21.43公斤，果重爲 184.07公克，因其結果部位均在主枝生出之新梢上，對水分、養分吸收快，且管理採收容易，摘心法與對照組兩者差異不甚顯着，產量各爲8.55公斤及7.10公斤。

二、不同整枝方法對番石榴成年株產量之影響：

同法將4、5年生之植株經調查二年之結果如表二所示：

表1. 各種整枝法對番石榴幼年樹產量之影響

Table 1. The effect of different training methods on yield of young guava trees

單位：單株 Tree

項目 Iteme / 年度 year / 處理 Treatments	結果數(粒) Fruit No (Set)/plant			產量(公斤) Production (kg) ／plant			平均果粒重(公克) Ave Wei (G)/Plant		
	七十二 72	七十三 73	平均 Ave	七十二 72	七十三 73	平均 Ave	七十二 72	七十三 73	平均 Ave
屈株法 Bending Branch	78	162	120a	15.59	27.26	21.43 a	199.87	168.27	184.07a
開心法 Center Open	100	124	112a	14.50	20.23	17.87 a	145.00	163.15	154.08a
摘心法 Pinching	37	95	61a	5.73	12.36	8.55 b	154.87	130.11	142.49a
放任不修剪 Check	45	81	63a	4.86	9.34	7.10 b	108.00	115.31	111.66a
L. S. D. 5%						7.0966*			
L. S. D. 1%						13.0269**			

依鄧肯氏多變域方法分析

According to Duncan's multiple range test analysis

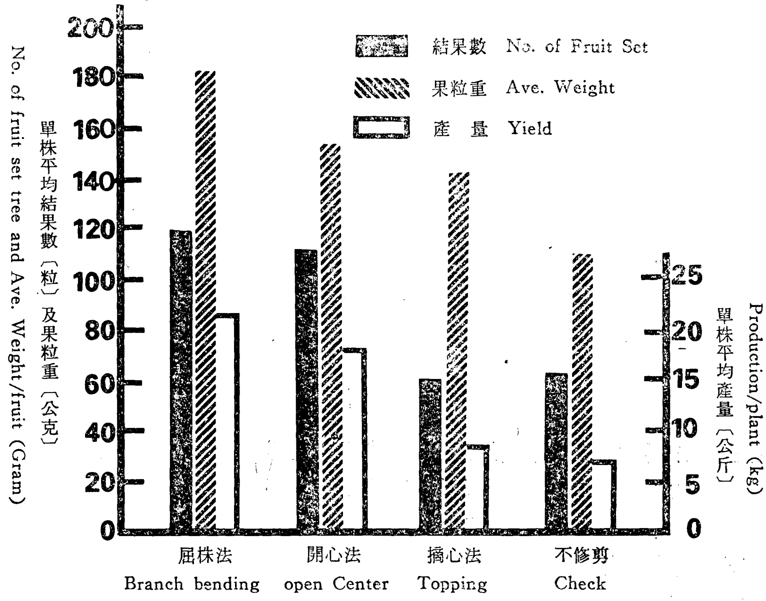


圖2. 中山月拔幼年樹各種整枝法對結果與產量之差異

Fig. 2. The effect of different training methods of fruit set and yield of young tree of cultivar Chung-Shan yea bai

由表二及圖三得質成年樹番石榴植株對不同整枝法，於產量未達顯着差異，但平均果重則達顯着差異。然四種整枝方法中果實產量或平均果重於相同環境下管理，以屈株法為佳，每粒達114.37公克，開心法次之92.31公克，摘心法再次之87.49公克，而以對照不整枝區較低僅 75.23公克。對照不整

表2. 各種整枝法對番石榴成株產量之差異
Table 2. The effect of different training methods on yield of adult guava trees

單位：單株 tree

項目 Iteme / 年度 year / 處理 Treatments	結果數(粒) Fruit No (Set)/plant			產量(公斤) Production (kg) /plant			平均果粒重(公克) Ave Wei (G)/Plant		
	七十二 72	七十三 73	平均 Ave	七十二 72	七十三 73	平均 Ave	七十二 72	七十三 73	平均 Ave
屈株法 Bending Branch	371	922	647.5 a	47.03	94.64	70.84 a	126.09	102.65	114.37 a
開心法 Center Open	351	955	653.0 a	35.34	80.15	57.75 a	100.68	83.93	92.31 b
摘心法 Pinching	341	693	517.0 a	33.53	53.11	43.32 a	98.33	76.64	87.49 bc
放任不修剪 Check	465	1347	906.0 a	36.65	96.49	66.57 a	78.82	71.63	75.23 c
L. S. D. 5%									16.4052*
L. S. D. 1%									30.1140**

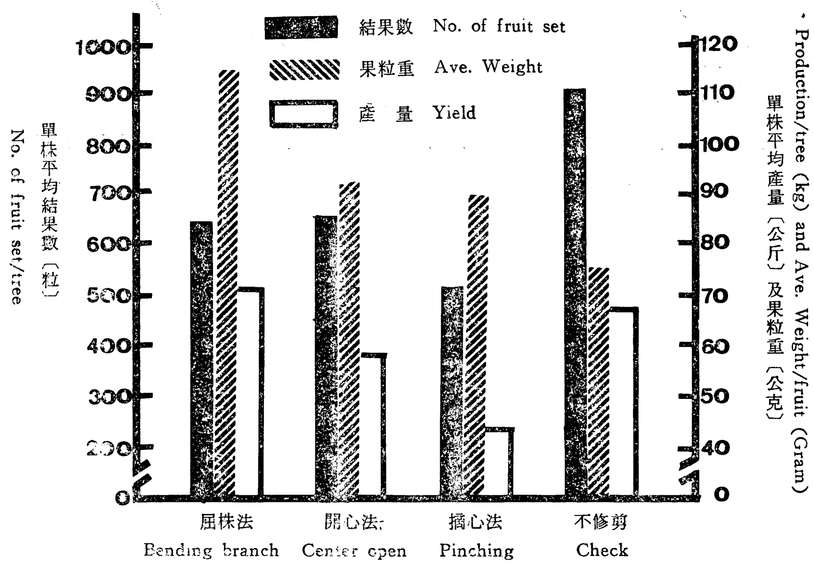


圖3. 中山月拔成年樹各種整枝法對結果與產量之差異

Fig. 2. The effect of different training methods on fruit set and yield of adult guava trees of cutlivar Chung-Shan Yea Bai

枝其結果數則較其他三種處理為高。

結　　論

番石榴之開心結果習性，係着生在枝條先端或主幹產生之新梢上。而加工用品種之栽培，其產期需要配合工廠作業始可獲得較高利潤；因此栽培上以往均採粗放式經營，形成植株生育旺盛，樹勢高大，操作管理及採收甚為不便。鑑此整枝修剪技術有待加强研究改進。據黃、翁兩氏 (1977) [6] 曾利用自然型與開心型兩種整枝修剪方法做比較，所得結果開心型比自然型產量高。而本研究除提高產

量外，注重樹勢調節，抑制枝梢生長及維持較低結果部位，而採用不同整枝法即屈株法、開心法、摘心法三種與放任不整枝爲對照等四種處理比較其優劣，結果證明以屈株法效果最佳。屈株法平均果重幼年樹達184.07公克，開心法次之爲154.08公克，對照不整枝組最低僅111.66公克。成年樹屈株法爲114.37公克，開心法爲92.31公克，摘心法爲87.49公克，相同對照不整枝最低僅達 75.23公克，各整枝法間達顯着差異。而結果數成年樹以對照區較多，但果實變小，產量及平均果重也低，採工費時，增加工資支出，提高成本，故總產量而言，無論幼齡或成株仍以屈株法產量最高，果粒大，方便採收，應是適當方法。

屈株法爲鳳山熱帶園藝試驗分所於番石榴栽培管理上有感於產地栽培上產生之重大缺失，而研討之方法。其目的以提高產量，抑制枝梢生長，維持較低結果部位，便於操作管理與採收，提高經濟價值，降低生產成本爲基準。經試驗證明達其顯着效果，實爲最佳整枝方法，本法除利用於加工用品種生產外，鮮食品種更具經濟價值，目前產地利用率達80%以上。

參考文獻

1. 黃啓章 1955 如何改良番石榴的品質 豐年5（18）：8及5（19）：9。
2. 王炘、曾錫恩 1960 臺灣中南部番石榴栽培情形及改進意見 中國園藝6（3、4）：106～109。
3. 黃弼臣 1961 番石榴樹開花結果觀察 中國園藝7（3）：27。
4. 諶克終 1971 果樹生理學 臺灣商務印書館。
5. 諶克終 1974 果樹整枝與剪定 正中書局。
6. 黃弼臣、翁愼微 1977 番石榴樹整形修剪試驗 興大園藝第二期：5。
7. 張振宙 1980 番石榴 臺灣農家要覽
8. 王武彰 1984 番石榴栽培 農民淺說 272A園藝55。
9. SHIGEURA. CT. RM. BULLOCK and J. A. SILUA 1975. Defeliation and fruit Set in GUAVA Hortscience10(6)：590.

The Effect of Different Training Methods on Yield of Processing Guava.

Sammary

In order to inhibit overgrowth of processing guava shoots, enhance fruit production and lower fruit set, 3 kinds of training methods had been used for comparing above characteristics and guava production also observed at same time. Three methods listed as: branch bending method, center open method , pinching method and check (no treat ment). Guava trees growing in the orchard were divided into 2 groups: adult trees (4-5 year old) and young trees (2 year old).

During 2 years observation and came to the conclusion that the best training method was branch bending method. The total production and ave. fruit weight of young guava tree were 21.43kg and 184.07g, however, check were 7.10kg and 111.66g, respectively. Adult guava tree which fruit production and ave. fruit weight were 70.84kg and 114.37g, significantly heavier than check treatment check treatment were only 66.57kg and 75.23g respectively. Three training methods had a significant difference in their total production and average of fruit weight.

The advantage of branch bending method was while pruning new shoots of main branch could lower fruit set and facilitate guava orchard management. This method used for guava tree which for fresh eating also got good result.

(Jour. Agric. Res. China) 36(2)：196~206 (1987)

楊桃之品質成分與加工利用之研究[1]

游若菻[2]　王武彰[3]

摘要：分析本鳳山熱帶園藝試驗分所現有之楊桃品種，包括二林種、蜜絲種、白絲種、五汴頭反種、歪尾種及酸味種等六種較具代表性之楊桃品種之一般品質成分，包括糖類、粗蛋白、粗脂肪、粗纖維、粗灰分、水分等，及特殊成分包括糖類、有機酸、氨基酸及礦物質之種類及含量等。並將各品種楊桃分別試製果汁、果醬、蜜餞、罐頭等加工品，就其品質品評結果選取最適於加工用之品種，以及鮮食用之品種，供果農選種及加工業者之參考。

試驗結果顯示楊桃鮮果中之主要糖類爲果糖及葡萄糖，有機酸則以草酸之含量較高，氨基酸以麩氨酸、絲氨酸爲主，灰分以鉀之含量較高。各楊桃鮮果中以蜜絲種品質最佳。在各加工品方面，以二林種最適於製造果汁、蜜餞及罐頭；以歪尾種所製得之果醬風味最佳。

關鍵字：楊桃、成分、品種、楊桃加工、楊桃汁。

楊桃學名 *Averrhoa carambola* L. 又名洋桃、五稜子或五稜子，屬於酢醬草科常綠性灌木，產於熱帶及亞熱帶地區，每年開花３～４次，產期自每年５月至翌年３月，每公頃產量大約50,000公斤。

楊桃品種很多，以往因本地種產量低品質差，栽培不甚普遍，近年來由於實生變異產生許多優良品種、加上栽培技術的改進，栽培面積已由民國60年之316公頃，逐漸增加至民國73年之2,400公頃，現已成爲本省極重要的經濟果樹之一。

本試驗分所於民國62年開始將本省產的主要品種加以搜集分類，並由國外引進改良品種，目前以下列六個品種較佳且栽培較爲普遍。1.二林種——此品種在彰化縣二林鎮洪老評先生庭園發現，因而得名，一般俗稱軟枝種，爲生食用品種，每公頃產量大約45,000公斤。該品種除中部地區外，北部地區如卓蘭鎮栽植亦多，另外南部之里港種的大多屬這品種。2.蜜絲種——此品種在南投縣實生品種中選出，爲生食用品種，每公頃產量約52,000公斤。此品種目前分兩個系統，一爲果實較長，尖端突出，果皮淡黃色，抗病力强。一爲果形較鈍而大，尖端微凹入。該品種爲現有楊桃各品種中果實最重糖度最高者，其風味佳，耐寒性强，目前中南部栽培很多。3.白絲種——又名白絲飽念，果實成熟時果皮白色而得名，此品種在高雄縣橋頭鄉新庄村嚴能傑先生果園所發現，爲生食用品種，每公頃年產量約50,000公斤，其花粉授粉力强，適合本省各地栽培。4.五汴頭反種——此品種是由彰化縣永靖鄉五汴頭村所實生選拔之五汴頭種，在果園中變異而得，爲生食用品種，每公頃產量約55,000公斤，其稜線較規則平滑，念飽滿，肉質較硬，果皮淡黃色，適合山坡地或缺水地區栽培，目前在臺南市南區喜樹里地區栽培最多，果實耐貯存，產量高。5.歪尾種——此品種之最大特徵爲果實尾端微歪，味甜風味佳，爲生食用品種，果實成熟時果皮黃色，惟肉質較軟，不耐貯存，果皮易受病蟲爲害，但花粉授

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第1337號。本計畫承農委會74農建—4.1—產食—135（５）補助，特此致謝。
2.3.本所鳳山熱帶園藝試驗分所經營利用系助理研究員，熱帶果樹系助理。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

粉力强。此一品種目前栽植漸少。6.酸味種——以往果實較小，目前由於實生變異產生果實比較大的系統，爲加工用品種。果實成熟時呈深黃色，糖度低酸度高，所製果汁風味良好。

楊桃具清涼退火之功能，除醃漬做成楊桃汁外，其他加工製品也有多種，如楊桃果醬、糖漬楊桃、楊桃蜜餞等。楊桃由於本身價格低廉，產量又多，極適宜加工製成高品質之加工品，提高其經濟效益。一般人對醃漬楊桃汁之接受性佳，故其銷售面積廣，再加上價格便宜，原汁通常稀釋10倍才供人飲用，因此販售楊桃汁利潤頗高。

本試驗即是以上述六個楊桃品種爲材料，分析各品種楊桃之品質成分，包括醣類、蛋白質、脂肪、粗纖維、灰分、水分等，並分別試製果汁、果醬、蜜餞、罐頭等加工品，以便選取適於加工用之品種及鮮果用之品種，供果農選種及加工業者製造時之參考。

二、材料與方法

（一）楊桃原料：本試驗所調查之楊桃品種包括二林種、蜜絲種、白絲種、五汴頭反種、歪尾種及酸味種等六個品種，於民國73年11月取自本試驗分所楊桃品種園。

（二）楊桃樣品製備：楊桃原料採收後經洗滌、切片並於 50°C 熱風乾燥後磨粉，樣品貯於 2°C 乾燥皿中供品質分析。另供加工試驗之原料則選取鮮果稍處理後立即進行果汁、果醬、蜜餞、罐頭等之加工製造。

（三）品質分析包括測定水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纖維、粗灰分及糖類等，採 A. O. A. C. 標準法。

（四）糖類、有機酸、氨基酸、灰分等之種類及含量測定：

1.糖類分析：

（1）糖類抽取法：楊桃樣品榨汁後，在高速離心機中以15,000rpm，離心10分鐘，得澄清液再經 Sep-pak C_{18} Cartridge 及樣品過濾器過濾，除去色素及干擾物質後，取 5～10μl 注入高性能液相層析儀中測定。

（2）糖類測定法：採用日本 Shimadzu LC—5A 高性能液相層析儀。管柱：p-NH_2-10/s2504, guard column：SHIM-PACK FLC-NH_2，移動相：CH_3CN(80%)加水，流速0.6ml/min，偵測器：RID-2As.

2.有機酸分析：

（1）有機酸抽取法：同上之糖類抽取法。

（2）有機酸測定法：採用之儀器同上，但以 μ-Bondaprk/c_{18} 管柱，移動相爲 2%KH_2PO_4 溶液（pH2.4），流速0.8ml/min，使用 uv 280nm 偵測器。

3.氨基酸分析：

（1）樣品前處理：取 1.5g 左右樣品加 9ml 酒精入試管中，以超音波振盪處理3分鐘，5,000rpm離心20分鐘，取上層液。下層液加入 6ml 水及 3ml 酒精，重複上述步驟，而其下層液加入 9ml 水再重復操作，收集全部上層液後加 25ml 氯仿，完全振盪後倒入量筒，待靜止分層時記錄其水層體積數，取水層 6ml 加 2ml 之 40%TCA（三氯醋酸），4°C 放置過夜，取上層液經0.45μm millipore 過濾，再取濾液 0.8ml 用氮氣吹乾，分析前加入 100μl pH 爲2.2 之 2.45%檸檬酸鈉，2%過氯酸及 1.25ppm n-caprylic acid 溶液。最後以 0.5μl 注入高性能液相層析儀中。

（2）氨基酸測定項：採用 ShimadzuLC-4A 高性能液相層析儀。管柱：Shimadzu LC ISC-07/s1504。A 溶劑：0.67M 檸檬酸鈉7%乙醇及1%過氯酸，pH 調至 3.20。B 溶劑：0.2M 檸檬酸鈉，0.2M 硼酸以 4N NaOH 調至 pH 10.0。C 溶劑：0.2N NaOH 溶液。移動相：檸檬酸鈉緩衝液（pH3.2～11 gradient）。試劑：0.4%o-phthaloddehyde，流速 0.5ml/min，偵測器：Shimadzu RF-510 分光螢光計，Ex：348nm Em：450nm。

4.灰分分析：樣品灰化後採用日本 Hitachi Hodel170-30 原子吸收火焰分光光度計分析。

（五）楊桃汁加工試驗：

楊桃選別⟶切塊⟶鹽漬⟶水煮⟶打汁⟶過濾⟶加糖調味⟶裝罐殺菌⟶成品分析。

（六）楊桃果醬加工試驗：

黃熟楊桃⟶削邊清洗⟶切塊煮爛⟶過濾⟶楊桃果汁⟶加糖煮沸⟶加果膠粉⟶繼續濃縮⟶冷水試驗⟶裝瓶倒立⟶成品分析。

（七）楊桃蜜餞加工試驗：

黃熟楊桃⟶清洗切片⟶加0.5%食鹽鹽漬24小時⟶殺菁（80°C，5分鐘）⟶糖漬（40Bx）⟶烘乾（50°C，16小時）⟶成品分析。

（八）楊桃罐頭加工試驗：

楊桃原料⟶清洗切片⟶注加糖液⟶脫氣（85°C 10 分鐘）⟶封罐⟶殺菌（100°C，5分鐘）⟶成品分析。

三、結果與討論

（一）各楊桃品種之品質特性

本試驗計調查二林、蜜絲、白絲、五汴頭反、歪尾及酸味種等六種楊桃。有關此六品種楊桃鮮果之品質列於表一。由表一可見酸味種楊桃之糖酸比爲 5.8／1，而一般之甜味種糖酸比介於27～44：1。在風味方面以蜜絲種最佳，其次爲二林種，而以酸味種最不適於鮮食。另酸味種之果實也較小（果重 120g），糖度也較低（6.4Bx）。

表二爲各楊桃鮮果可食部之一般組成分。由表中顯示楊桃之水分含量在90%以上，固形量在 6.6～9.4%，以蜜絲種之固形量9.4%最高，主要因爲糖類含量較高（7.16），另外蜜絲種之灰分量（0.47%）也是最高。楊桃之維生素 C 含量大致在 30～40mg/100g，而以酸味種 60mg/100g 最高，歪尾種 10mg/100g 最低。酸味種固形量很低只有6.6%，主要因爲其糖類太少，只有3.85%，但其粗纖維（1.28%）及粗脂肪（0.51）却較其他甜味種高很多。

本試驗除調查楊桃鮮果之一般性狀及組成分外，對於楊桃樣品中之糖類、有機酸、氨基酸及灰分之種類及含量亦做進一步之分析比較。圖一爲標準糖類之高性能液相層析圖。由於本試驗爲初步的探

表一 各楊桃品種鮮果之品質

Table 1. The quality of various carambola fruit varieties.

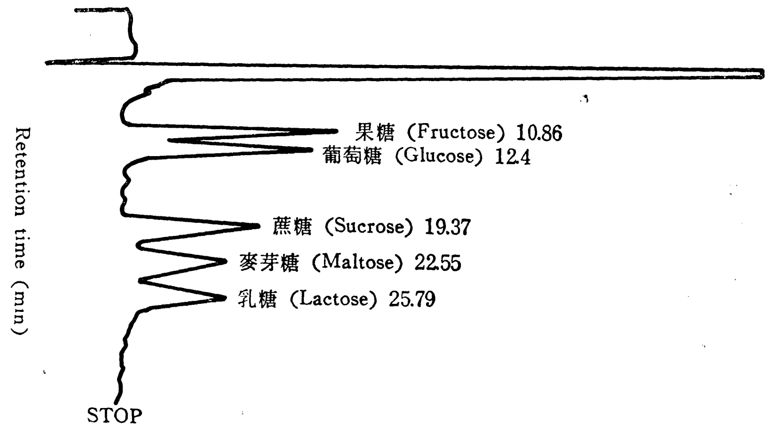
	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
果皮顏色	淡綠	黃	白	淡黃	黃綠	深黃
果長（cm）	12.3	11.9	11.3	11.6	10.9	10.5
果重（g）	178	222	148	200	132	120
念厚（cm）	2.7	3.8	3.1	3.5	1.5	1.9
糖度（Bx）	8.1	9.2	8.1	8.2	8.0	6.4
酸度（%）	0.23	0.21	0.30	0.21	0.22	1.1
糖／酸比	35/1	44/1	27/1	39/1	36/1	5.8/1
pH 值	4.3	4.2	4.1	4.1	4.2	2.8
品評等級	2	1	3	2	2	4

表二、各楊桃品種鮮果可食部之一般組成分

Table 2. General compositions of the edible portions of various carambola fuit varieties.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
水分（%）	91.0	90.6	91.4	91.8	92.1	93.4
固形物（%）	9.0	9.4	8.6	8.2	7.9	6.6
粗蛋皇（%）	0.76	0.63	0.62	0.63	0.52	0.52
粗脂肪（%）	0.28	0.19	0.29	0.16	0.34	0.51
醣類（%）	6.55	7.16	6.43	6.19	5.71	3.85
粗纖維（%）	1.04	0.95	0.91	0.86	1.01	1.28
灰（%）	0.37	0.47	0.35	0.36	0.32	0.44
維生素C（mg/100g）	40	30	40	40	10	60

討性質，故對楊桃樣品中之糖類只選擇了果糖、葡萄糖、蔗糖、麥芽糖、乳糖等五種糖作分析。表三爲各楊桃品種鮮果中所含糖之種類及含量，顯示楊桃中之糖類主要爲果糖及葡萄糖，蔗糖之含量僅在二林種中較多佔17.9%，其餘則在10%以下，在尾歪種及酸味種中蔗糖含量甚微，幾乎不到總糖量之1%。另外從表三顯示各楊桃品種中果糖與葡萄糖量之比大約是1：1。



圖一、標準糖類高性能液相之層析圖

Fig1. Standard H. P. L. C. curves of sugars.

表三、各楊桃品種鮮果中所含糖之種類及含量

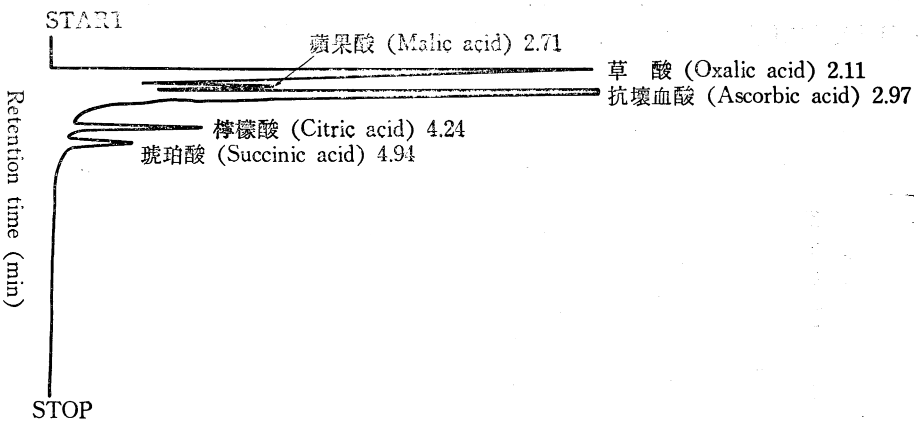
Table 3. Sugars content and its distribution pattern of six eiffereut carambola fruit varieties.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
果糖（%）	2.60(42.1)*	3.29(46.5)	3.0(46.9)	3.5(47.9)	2.85(51.3)	2.04(50.2)
葡萄糖（%）	2.46(39.8)	3.15(44.5)	2.9(45.3)	3.5(47.9)	2.70(48.6)	2.02(49.8)
蔗糖（%）	1.11(17.9)	0.63(8.9)	0.5(7.8)	0.3(4.1)	—(—)	—(—)
總糖（%）	6.17(100)	7.07(100)	6.4(100)	7.3(100)	5.55(100)	4.06(100)

*（　）內數值爲各種糖佔總糖之百分比。

圖二爲標準有機酸之高性能液相層析圖。本試驗中只選擇草酸、蘋果酸、抗壞血酸、檸檬酸、琥珀酸等五種酸作分析。有關各楊桃品種鮮果中所含有機酸之種類及含量列於表四。表四顯示二林種含有草酸、抗壞血酸、琥珀酸等三種有機酸，其中以草酸含量最多，佔總酸量之56.8%。蜜絲種含有草酸、蘋果酸、抗壞血酸、琥珀酸等四種有機酸，而以草酸及蘋果酸含量較多，分別佔總酸量之37.1%，33.9%。白絲種含草酸、蘋果酸、抗壞血酸等三種有機酸，其中以草酸（43.9%）蘋果酸（46.3%）爲主要之有機酸。五汴頭反種含有草酸、蘋果酸、抗壞血酸、琥珀酸等四種有機酸，其中以蘋果酸含量最高，佔總酸量之37.9%。歪尾種則含有這五種有機酸，其主要酸類爲琥珀酸。酸味種含有草酸、抗壞血酸、琥珀酸三種酸，而以草酸含量最多，佔總酸量之80.8%爲其特色。綜評各楊桃所含之有機酸，由表四可見以草酸爲主。另有機酸影響楊桃之風味甚鉅，酸味種不太適宜生食用，主要因其草酸含量太高。草酸含量高也使楊桃汁之風味不佳，因此爲提高鮮食品質及加工品之風味，建議在楊桃育種方面以低草酸含量、高糖度爲選種之目標。

圖三爲標準氨基酸之高性能液相層析圖。表五爲各楊桃品種鮮果中所含氨基酸之種類及含量。表中顯示二林種含有ASP、THR、SER、GLU、PRO、ALA、VAL、PHE、HIS、LYS等十種氨基酸，而不含 GLY（甘氨酸）、CYS（胱氨酸）、MET（甲硫氨酸）、ILE（異白氨酸）、LEU（白氨酸）、TYR（酥氨酸）、ARG（魚精氨酸）等七種氨基酸。自營養之觀點我們並不太注重楊桃所含氨基酸之質與量，故本試驗不擬討論各楊桃樣品中所含之必須氨基酸及其所缺乏之氨基酸量，本



圖二、標準有機酸之高性能液相層析圖

Fig2. Standard H. P. L. C. curves of organic acids.

表四、各楊桃品種鮮果中所含有機酸之種類及含量

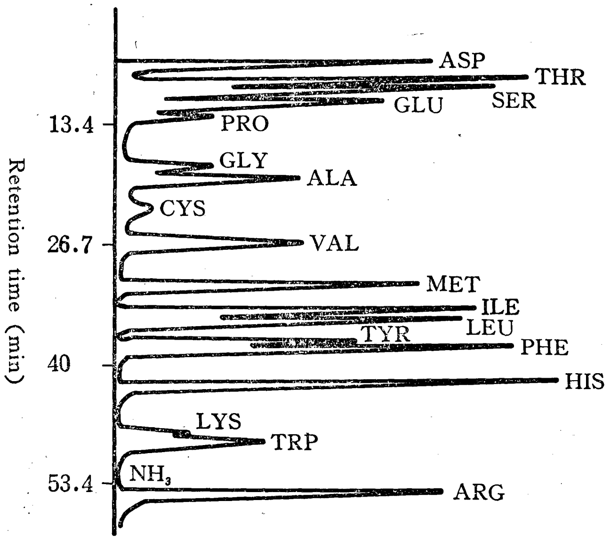
Table 4. Organic acids content and its distribution pattern of six different carambola fruit varieties

	二 林 種	蜜 絲 種	白 絲 種	五汴頭反種	歪 尾 種	酸 味 種
草 酸（%）	0.25(56.8)*	0.23(37.1)	0.18(43.9)	0.17(29.3)	0.18(24.7)	0.80(80.8)
蘋果酸（%）	— —	0.21(33.9)	0.19(46.3)	0.22(37.9)	0.19(26.0)	— —
抗壞血酸（%）	0.04(9.1)	0.03(4.8)	0.04(9.8)	0.04(6.9)	0.01(1.4)	0.06(6.1)
檸檬酸（%）	— —	— —	— —	— —	0.09(12.3)	— —
琥珀酸（%）	0.15(34.1)	0.15(24.2)	— —	0.15(25.9)	0.26(35.6)	0.13(13.1)
總酸量（%）	0.44(100)	0.62(100)	0.41(100)	0.58(100)	0.73(100)	0.99(100)

*（ ）內數值爲各種有機酸佔總酸之百分比。

試驗僅說明各樣品所含氨基酸之種類及含量。由表五可見二林種所含之主要氨基酸爲 GLU、SER、THR、ALA、PRO 等；蜜絲種爲 GLU、SER、THR、PRO、ALA等；白絲種爲 GLU、SER、ASP、THR、PRO 等；五汴頭反種爲 SER、GLT、THR ALA、ASP等；歪尾種爲 GLU、SER、ASP、PRO、THR 等，酸味種爲 GLU、SER、THR、ALA、ASP 等。由此可見這些楊桃品種所含之氨基酸質與量都很接近，其中又以 GLU（麩氨酸）、SER（絲氨酸）、THR（息寧氨酸）、ALA（丙氨酸）、PRO（脯氨酸）、ASP（天門冬氨酸）爲主要之氨基酸。

表六爲各楊桃品種鮮果之灰分種類及含量。在灰分方面本試驗計分析了鉀、鈣、鎂三種巨量元素



圖三、標準氨基酸之高性能液相層析圖

Fig3. Standard H. P. L. C. curves of amino acids.

表五、各楊桃品種鮮果中所含氨基酸之種類及含量*1

Table 5. Amino acids content and its distribution pattern of six different caramqola fruit varieties

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
ASP 天門冬氨酸%	0.145(10.54)*2	0.152(10.35)	0.053(15.45)	0.133(10.19)	0.088(15.15)	0.145(10.48)
THR 息寧氨酸%	0.244(17.75)	0.269(18.32)	0.037(10.78)	0.261(20.01)	0.071(12.22)	0.271(19.59)
SER 絲氨酸%	0.288(20.95)	0.305(20.77)	0.066(19.24)	0.281(21.55)	0.101(17.38)	0.285(20.61)
GLU 麩氨酸%	0.294(21.38)	0.331(22.55)	0.103(30.03)	0.277(21.24)	0.135(23.24)	0.316(22.85)
PRO 脯氨酸%	0.151(10.98)	0.173(11.78)	0.035(10.20)	0.092(7.05)	0.075(12.91)	0.133(9.62)
ALA 丙氨酸%	0.168(12.22)	0.154(10.49)	0.027(7.87)	0.168(12.88)	0.045(7.74)	0.154(11.14)
VAL 纈氨酸%	0.006(0.47)	0.013(0.89)	— (—)	0.013 (0.99)	— (—)	0.021(1.52)
PHE 苯丙氨酸%	0.038(2.76)	0.046(3.13)	0.013(3.79)	0.034 (2.61)	0.042(7.22)	0.029(2.09)
HIS 組織氨酸%	0.007(0.51)	0.009(0.61)	0.007(0.87)	0.004(0.31)	0.007(1.20)	0.008(0.58)
LYS 離氨酸%	0.033(2.40)	0.016(1.09)	0.002(0.58)	0.041(3.14)	0.016(2.75)	0.021(1.52)
總氨基酸量%	1.375(100)	1.468(100)	0.343(100)	1.304(100)	0.581(100)	1.383(100)

*1.TRP 色氨酸未測定， *2.（　）內數值爲各氨基酸佔總氨基酸量之百分比。

及鐵、鋅、錳、銅四種微量元素。表中顯示除二林種外，楊桃之主要灰分係以鉀鹽之狀態存於果中；而在微量元素方面則以鐵鹽之含量較豐。至於各品種間礦物質種類及含量之差異，由表六之數據尚難下定論。

表六、各楊桃品種鮮果之礦物質組成

Table 6. Minerol elements componentof six different carambola fuit varieties.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
K (%)	0.203	0.181	0.156	0.151	0.155	0.143
Ca (%)	0.239	0.170	0.017	0.019	0.019	0.024
Mg (%)	0.018	0.009	0.008	0.009	0.009	0.012
Fe (pps)	6.80	3.53	3.92	3.58	3.37	4.21
Zn (ppm)	2.83	2.11	1.95	2.22	2.31	3.39
Mn (ppm)	1.03	0.81	0.84	0.99	1.28	3.03
Cu (ppm)	0.35	—	—	—	0.22	2.79

(二) 各楊桃品種之加工特性

1.楊桃汁加工試驗

市售楊桃汁之製法，大致上是以酸楊桃為原料，添加 6 — 8 %粗鹽，經三個月之發酵後，將發酵母液添加一倍水壓榨所得之汁液當作原汁。原汁再添加砂糖、焦糖、甘草、肉桂、山渣、烏梅、磷酸、抗壞血酸（維生素C）等副料，再稀釋 8 —10倍後才供飲用。這種楊桃汁中原料所佔的比例很低，可能只有 5 —10%，實際上應稱為楊桃果汁飲料（Soft drink）。較純正之楊桃汁，或稱為稀釋天然果汁（juice drink of nectar），法定上其所含新鮮成熟果實之榨汁應在20%以上。這種稀釋楊桃果汁之製法，為楊桃原料以0.5~1.0%鹽醃 1 ~ 2 天，然後添加 2 倍水打汁，再經加糖、酸等副料而成。由於稀釋楊桃果汁所含之楊桃原料比例至少在20%，以下，所以這種果汁較具楊桃風味，本試驗即採用後者製造楊桃汁。

以往製楊桃汁時均採用酸楊桃，主要係由於酸楊桃價廉，且發酵期間酸度很高較不易腐敗。目前果農所栽培之楊桃，已趨向鮮食用之甜味種楊桃，故酸楊桃反較不易取得，且價格也漸高昂。本試驗即連探討以甜味種楊桃製楊桃汁是否適當，並與酸楊桃汁之品質作比較。

表七、各品種楊桃果汁之比較

Table 7. Comparsion with the processing characters of various corambole juices.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
糖度 (Bx)	10.2	10.4	10.6	10.2	10.0	10.0
pH	4.31	4.23	4.08	4.12	4.19	2.81
酸度 (%)	0.069	0.089	0.073	0.069	0.069	0.172
糖／酸比	148/1	115/1	147/1	148/1	145/1	58/1
色澤	淡黃	淡黃	淡黃	白	淡黃	黃
風味	最佳	佳	淡	淡	佳	差
品評	1	2	4	5	3	6

表七爲各品種楊桃果汁之比較。在糖度方面，各品種間之影響不大；在酸度、pH 方面，甜味種與酸味種之間有顯著之差異。由於楊桃本身酸度够，在添加 2 倍水打汁後 pH 值維持4.5以下，故不必補充其他酸類，且在 80°C 封罐後，於 100°C 沸水煮 5 分鐘之產品不致變壞。

表八爲各品經楊桃果汁中糖類之組成分。在本試驗中對於稀釋後之各品種楊桃果汁，曾添加等量之砂糖，其糖度大約爲 10Bx，但經殺菌及三個月之貯藏，發現部分蔗糖已轉化成果糖及葡萄糖，其中尤以酸味種之轉化程度最顯著；其果糖、葡萄糖、蔗糖佔總糖之百分比，分別爲47.44%，43.61%，8.95%。主要原因可能是受到加熱殺菌、酸及貯藏時間三方面之共同影響；其中又以酸含量愈高者較有利於果糖、葡萄糖之轉化。

表八、各品種楊桃果汁中糖類之組成分

Table 8. Sugars content and its distribution pattern in six different carambola juices.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
果糖 (%)	0.95(10.33)*	0.92(9.90)	1.34(14.66)	1.16(13.08)	1.02(11.46)	3.71(47.44)
葡萄糖 (%)	0.84(9.13)	0.84(9.04)	1.21(13.24)	1.02(11.50)	0.88(9.89)	3.41(43.61)
蔗糖 (%)	7.41(80.54)	7.53(81.06)	6.59(72.10)	6.69(75.42)	7.00(78.65)	0.70(8.95)
總糖 (%)	9.20(100)	9.29(100)	9.14(100)	8.87(100)	8.90(100)	7.82(100)

*( ) 內值爲各種糖佔總糖之百分比。

表九爲各品種楊桃果汁中有機酸之組成分。酸味種楊桃果汁之主要特性爲其草酸含量較高。比較表四與表九，發現各品種楊桃稀釋果汁之有機酸組成，大致上能符合鮮果中有機酸之含量（其稀釋倍數爲 3 倍左右），尤以酸味種最能符合，此特性或許可應用於楊桃汁之檢驗標準。其他甜味種稀釋楊桃果汁中，以檸檬酸、琥珀酸之含量較偏高，其增加的原因可能是楊桃發酵時其中發酵微生物（乳酸菌、酵母菌等）分解糖類所產生之各種代謝物，其進一步原因有待再深入之探討。

表九、各品種楊桃果汁中有機酸之組成分

Table 9. Organic acids concemtration in six different carambola juices.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
草酸 (%)	0.06	0.07	0.05	0.05	0.04	0.14
蘋果酸 (%)	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
抗壞血酸 (%)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
檸檬酸 (%)	0.79	0.70	0.58	0.15	0.06	—
琥珀酸 (%)	0.18	0.26	0.20	0.17	0.17	0.04

表十爲各品種楊桃果汁中氨基酸之組成分。比較表五與表十，可發現原先在各楊桃品種所缺乏之氨基酸如 GLY（甘氨酸）、MET（甲硫氨酸）、ILE（異白氨酸）、LEU（白氨酸）、TYR（酥氨酸）、ARG（精氨酸）及游離氨（NH_3）均有少量存在，可能是受到發酵微生物的影響，其詳細原因留待下一次之討論。

2.楊桃果醬加工試驗

果醬適於塗抹在吐司麵包、糕餅或饅頭上，亦可以 6 倍水稀釋作飲料用。製果醬時宜選取果皮黃熟者爲佳，果皮色青者作出果醬色澤暗化略帶澀味。另外，以富香味及酸味之原料製出之果醬風味較

表十、各品種楊桃果汁中氨基酸之組成分

Table 10. Amino acid analyses of six different carambola juices.

	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
ASP 天門冬氨酸%	0.033	0.0 6	0.030	0.027	0.033	0.021
THR 息寧氨酸%	0.039	} 0.380	0.024	0.022	0.033	0.005
SER 絲氨酸%	0.166		0.169	0.115	0.127	0.057
GLU 麩氨酸%	0.036	0.038	0.040	0.021	0.041	0.022
PRO 脯氨酸%	0.007	0.018	0.007	0.004	0.005	0.004
GLY 甘氨酸%	0.01	0.013	0.008	0.005	0.005	0.004
ALA 丙氨酸%	0.134	0.104	0.137	0.087	0.100	0.033
CYS 胱氨酸%	—	—	—	—	—	—
VAL 纈氨酸%	0.007	0.009	0.006	0.006	0.008	0.003
MET 甲硫氨酸%	0.003	0.004	0.002	0.002	0.003	0.002
ILE 異白氨酸%	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
LEU 白氨酸%	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
TYR 酥氨酸%	0.005	0.002	0.002	0.004	0.002	0.001
PHE 苯丙氨酸%	0.076	0.038	0.021	0.022	0.034	0.018
HIS 組織氨酸%	0.015	0.005	0.011	0.004	0.002	0.012
LYS 離氨酸%	0.073	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
NH_3 氨%	0.043	0.056	0.027	0.024	0.024	0.019
ARG 精氨酸%	0.009	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002
總氨基酸量%	0.665	0.684	0.494	0.356	0.428	0.211

* TRP 色氨酸未測定。

佳。

本試驗中各品種楊桃果醬之糖度在 55～60Bx, pH 在 2.8～3.0，水活性在0.85左右。其中以歪尾種所製得之楊桃果醬風味最佳，其顏色為黃色最為鮮美。其他二林、蜜絲、白絲、五汴頭反，及酸味種間之差異不大。

3.楊桃蜜餞加工試驗

（1）楊桃蜜餞之殺菁條件：楊桃蜜餞貯藏期間會漸漸由黃色變成褐色，其褐變反應之原因包括酵素之褐變及非酵素性梅納（Maillard）反應兩大類。本試驗中選取楊桃片之大小平均資料為長13.9cm、寬5.02cm、厚 2.2cm、重 55.8g 之楊桃片30片，置於 80°C 沸水中殺菁 0 ～10分鐘，每隔一分鐘取樣一次，二重複，殺菁後迅速冷却，測定其過氧化酵素之活性，結果顯示，楊桃片至少應殺菁 6 分鐘以上才可將其酵素完全破壞，貯藏時則不致發生褐變。

（2）楊桃蜜餞之乾燥貯藏條件：楊桃原料先以 1 %鹽水醃漬一天後再經 80°C 熱水殺菁 6 — 7 分鐘，然後以楊桃原料重20%之砂糖糖漬48小時後，以 50°C 熱風乾燥，每隔 2 — 4 小時取樣一次，測其水分含量，水分活性，並置室溫觀察其腐敗的情形，其結果列於表十一。由表十一之數據顯示在50°C 熱風乾燥12小時，其水分含量為30.8%，水活性（a_w）為 0.71時，樣品置於室溫貯藏28天仍不會長黴。

表十一、楊桃蜜餞乾燥條件對黴菌生長之影響

Table 11. Effect of drying conditions of carambola preserves on mold groath.

乾燥時間 (hr)	0	2	4	8	12	16
水分含量	60.9	54.5	47.5	43.8	30.8	23.5
貯藏時間（天） 水分活性	0.91	0.90	0.89	0.86	0.71	0.68
7	++	+++	++	+	—	—
14	+++	+++	+++	++	—	—
21	+++	+++	+++	+++	—	—
28	+++	+++	+++	+++	—	—

黴菌：(-)未生長(+)生長

（3）各品種楊桃蜜餞之比較：試驗結果顯示以二林種、五汴頭反種所製得之蜜餞最清香、最具楊桃風味，其次爲蜜絲種及酸味種，白絲種、歪尾種所製成之蜜餞則較差。

（4）楊桃蜜餞之成本估算：楊桃原料50公斤切片後得45公斤，以 50°C 熱風乾燥12小時後得成品 9 公斤，其水分含量爲34%，水活性爲0.71。製造率占原料鮮果重之18%。以每公斤楊桃原料16元計算，每公斤楊桃蜜餞之成本大約100元左右。

4.楊桃罐頭加工試驗

（1）楊桃罐頭基本加工資料：楊桃以 3 號罐 (307×409) 裝，裝罐量 560g，其中固形量 280g。注加 20Bx, pH2.9 (含0.13%檸檬酸) 之糖液大約 300ml，並於 100°C 蒸汽中脫氣大約10分鐘，使罐中心溫度達到 85°C 以上，即刻封罐，封罐後於沸水中殺菌 3 ～ 5 分鐘即可安全放置一年以上。

（2）各品種楊桃罐頭之比較：表十二爲各品種楊桃罐頭在室溫貯藏期間其品質之比較。其中以二林種之甜味、酸味、楊桃風味、咬感等方面之比較均最佳。白絲種在前半年貯藏時風味尚可，經一年後品質則顯著下降，酸味種不太適合製造楊桃罐頭。

表十二、各品種楊桃罐頭貯藏期間品質之比較

Table 12. Comparison with the quality of six different carambola fruit cans during storage

貯藏時間	二林種	蜜絲種	白絲種	五汴頭反種	歪尾種	酸味種
半年						
Bx	14.2	14.6	13.6	13.2	12.8	12.4
pH	3.75	3.74	3.80	3.67	3.63	2.68
品評	1	5	2	3	4	6
一年						
Bx	13.8	14.2	13.3	13	13	13.1
pH	4.12	3.93	3.98	3.91	3.91	2.96
品評	1	4	5	2	3	6

誌謝：本試驗之楊桃糖類、有機酸、氨基酸之分析，承屏東農專食品工業科協助分析，特此致謝。

參考文獻：

1. 王武彰，1983・楊桃栽培・農委會農林廳編印農民淺說260A—園藝49。
2. A. O. A. C., 1980。Methods of Analysis 13th ed.
3. 李秀、賴滋漢，1976・食品分析與檢驗，精華出版社。
4. 徐進財，1977・實用食品加工手册，復文書局。
5. 豐年社，1983・水果加工，豐年叢書 HV#83?
6. 王孟雲，1985・醃漬楊桃加工過程中之化學變化，臺大食料所碩士論文。
7. 吳明昌，1985・香蕉泥褐變原因及加工上對色澤改進之探討，中興大學食科所碩士論文。
8. 方祖達、張秉棨，1932・天然果汁檢驗標準之研究四、天然果汁中有機酸類型之分析。

Studies on the Components and Utilizations Of carambola[1]

Roch-Chui Yu[2] Wu-Chang Wang[3]

Summany

This experiment was conducted to investigate both the fruit compositions and processing utilizations of the six different carambola varieties, namely Ell-lin, Mi-shih, Pai-shih, Wu-pien-tou-feng, Wai-wei and sour carambola grown in Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station. The analyses offruit compositions included crude prot ein, crude fat, crude fiber, crude ash, carbohydrates and moisture, in the sa me time the content of various organic acids, amino acids, sugars and minerals were also analyzed. On the other hand, the processing utilizations such as for making juice, preserves, jams and canned carambola fruits were alsotested.

The results showed that the main sugar components in these cara mbola varieties wer e fructose and glucose, glutamic acid and serine were the main amino acids while oralic acid and potassium content were very high. The Mi-shih possessed the best quality among these fresh carambola fruits. Ell-lin was the most suitable variety for making juice, preserves and cans. The jam made from Wai-wei had thebest color and flavor.

Key Words : compositions, variety, procesing, juice.

---

1. Contribution No. 1337 From Taiwan Agr icultural Reseach Institute

2, 3 Assistant agricultural chemist and Assistant, Dept. of Management and Utilization, Dept of TropicalFruits, Fengshan Tropical Horticultural Experiment station, TARI. Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, R. O. C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）36(2)：207～215（1987）

甘藷藤葉濃縮葉蛋白研究[1]

林禮輝　劉慧瑛[2]

摘要：甘藷葉是蔬菜的一種，甘藷藤葉則為傳統的養猪飼料；因此在食用安全性上，以甘藷藤葉所製成之濃縮葉蛋白較其它非食用植物莖葉之葉蛋白可靠無虞。

以切碎、石磨研磨及揉壓法抽取葉蛋白時可以克服漿汁難過濾的問題 。 使用原料 2.5倍量0.01N銨水抽取葉蛋白為最適宜。加鹽酸調pH值至3.5或4.0，均可得到最大的蛋白質收量，不過加熱至50°C的沈澱法較為經濟可行，且較少汚染。

風乾與眞空凍結乾燥產品有相似的組成，粗蛋白質在35%以上，粗脂肪12%，纖維 2.5%，灰分 7 %，葉綠素 1 %，消化率約69%。以丙酮脫水乾燥所得產品性狀近似眞空凍結乾燥者，惟顏色呈淡綠色；粗脂肪減至0.87%，葉綠素減少至 0.2%，反之，粗蛋白質含量增加至41%。

除了作為高蛋白質資源外，甘藷濃縮葉蛋白富含鈣質，含量在 2 %以上，為食物中所少見的高鈣質食品，適宜開發為良好的鈣質補充劑。

由植物青莖葉中提取蛋白質，可自一般非供食物來源之植物體中得到食用蛋白質。綠葉植物在潮溼的熱帶地區生長快速；利用新鮮莖葉來生產蛋白質之效率，遠較依靠豆穀等種子來生產蛋白之效率為高；且葉蛋白之營養價值並不遜於種子蛋白[7]。因此，開發農作物（尤其是綠葉作物）莖葉濃縮葉蛋白則是增加糧食及飼料蛋白質資源之新途徑。本省一向缺乏高蛋白質飼料，開拓濃縮葉蛋白（以下簡稱LPC，係Leaf Protein Concentrate 之縮寫），除有助於紓解對進口飼料之需求外，並可增加作物之副產價值。

甘藷是適合在我國南方生長之作物，其塊根除食用外尚可作為酒精及糖質原料，藤葉除極少部分食用外，大多作為養猪飼料。目前甘藷生產雖然減少，但是在未來必要推廣能源作物時，大量廢棄的藤葉即可作為價廉質優的葉蛋白原料。

依據陳氏[4]之報告，甘藷藤葉（又稱蔓）之飼料營養價值很高，尤其是葉部乾物粗蛋白質含量較莖部高 3 ～ 4 倍。本省每年可產生 150萬公噸以上，除養猪外尚有多量餘額可供牛羊之需。青飼料在儲存、營養價及用途上均較濃縮葉蛋白差，因此，若能將甘藷藤葉改製成葉蛋白形式，將可取代部分進口高蛋白質飼料而作為多種家禽畜之飼料。

國內對濃縮葉蛋白之研究以食品工業研究所為最多[3,8,9]。本所則於68年度進行瓊麻葉蛋白抽取試驗，自製麻所得麻渣中得到粗蛋白28%之濃縮葉蛋白[2]。劉氏[9]以甘藷藤葉製造L PC時發現，原料打碎後汁液呈膠狀，與殘渣不易分離，造成抽取上之困難。本試驗即針對此抽出過程提出改進方法，並對蛋白質抽出效果，葉蛋白之沈澱、乾燥方法及其品質進行探討。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1338 號

2.本所農化系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

材料與方法

1.供試材料：臺農57號甘藷藤葉（Ipomoea batatus, Tainung No. 57, vine and leaves）。

2.葉蛋白抽出及沈澱法：將新鮮甘藷藤葉切碎，放入果汁機中加入 2.5倍重之溶媒（不同濃度鹽酸、苛性鈉、醋酸、食鹽、銨水及水）打成漿狀，以石磨研磨後，放入麵粉袋中，以揉壓方式擠出汁液。上述汁液依前報[2] 所述蛋白沈澱法處理，可以得到濕的葉蛋白濃縮物。

3.LPC之乾燥處理：將含水量約90%之LPC泥漿在不銹鋼板上舖成約0.5cm厚之薄層，放入 40°C 吹風式烘箱內乾燥，可得到風乾法產品。眞空凍結脫水乾燥法係將蛋白泥漿經快速冷凍解凍後分離約63%之水，再於 45°C 眞空狀態下乾燥之。溶劑乾燥法則將蛋白泥漿用丙酮連續多次抽出其中水分後，再於40°C眞空狀態下除去殘留丙酮。

4.水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分、消化率、鈉、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、磷、矽含量測定，依前報方法[10] 分析之。

5.葉綠素測定：將樣本以80%丙酮溶液抽出後，測定663nm與645nm之吸光密度值，代入 Arnon 氏公式[12]：

總葉綠素含量（mg/l）$=20.2D_{645}+8.02D_{663}$

6.總碳水化合物含量係用扣除法計算之。

結果與討論

一、甘藷藤葉分析：

本試驗中所用臺農57號爲對照品種，HP-4 及臺農25號爲莖葉用品系。由表一之成分分析值可見，臺農57號藤葉之蛋白質及脂肪含量最高。由於製造LPC之目的係在提高糧食及飼料之蛋白質含量，因此選擇臺農57號較爲有利。吾人雖未曾分析臺農57號藤葉之胺基酸組成，不過參考表二鄭氏[11] 對甘藷藤葉之胺基酸分析可以看出，除離胺酸（Lysine）與含硫胺基酸（Total sulfur-containing amino acids）之含量爲限制因子外，其餘重要胺基酸之含量均能符合需要。 又，不論甘藷品系，其重要胺基酸含量分佈均頗平衡[5]。

二、葉蛋白之抽出：

甘藷藤葉切碎打汁後，汁液呈膠狀，不易過濾或離心分離。改用石磨研磨及揉壓法搾出汁液；以不同種類及濃度之溶媒溶出細胞內容物後，分析其溶出液成分，比較葉蛋白溶出效果。如表三所示，0.001N銨水與0.1N鹽酸可抽取最多量的蛋白質及最少量的纖維。相反地，0.01N銨水與0.001N鹽酸之蛋白質抽取率爲最低。

除了纖維大多留存於殘渣外，灰分、蛋白質及脂肪溶出率約爲60—80%。粗脂肪之溶出效果較不受溶媒種類所影響，灰分（即礦物質含量）則因溶媒種類及濃度不同而有較顯著之差異。

由此表中可以推論出，欲以果汁機打漿得到生鮮蔬菜汁中之蛋白質及礦物質營養時，應於操作過程中添加適量的醋酸或食鹽。

三、葉蛋白沈澱法之比較：

將前述溶媒抽出得到之高蛋白質汁液，以不同方法使蛋白質凝固沈澱。表四所示即溶出液中葉蛋白之沈澱比率。其中以加鹽酸調節至pH3.5爲最佳蛋白沈澱法，其次爲調pH值至4.0或加熱至50°C。

抽出溶媒不同時最適蛋白質沈澱法也不相同。除食鹽及水外，以0.001N 不同溶媒抽出時，其蛋白溶出率與蛋白質沈澱率間呈負相關（$r=-0.934\sim-0.969$）。雖然0.001N銨水蛋白質溶出最多，而0.01N銨水與0.001N 鹽酸蛋白質溶出最少，但是溶出液中蛋白質沈澱率反而以前者爲最少， 後二者爲最多。由此可知，後二者所溶出之蛋白質極適合以調酸法或加熱法回收蛋白質，而前者雖能溶出大量蛋白質却無法使之凝固沈澱。若欲改進葉蛋白之收量，則對蛋白沈澱法應再予深入探討。

表一：甘藷藤葉一般成分分析

Table 1. General composition of sweet potato vine and leaves

乾物重 (Dry basis %)

原料 Source / 項目 Item		HP-4	臺農25號	臺農57號	新竹1號 8)	彰化種 8)	沖繩100號 8)	陳氏 4)
水分	Moisture	—	—	87.8—91.1	87.3	84.9	85.5	88.5
灰分	Ash	9.0	9.1	6.8—12.8	9.5	12.6	9.7	—
粗脂肪	Crude Fat	4.0	5.1	6.4— 7.9	3.9	4.0	3.5	3.5
粗蛋白質	Crude Protein	11.5	14.2	18.6—20.4	18.1	9.9	13.1	12.2
粗纖維	Crude Fiber	18.9	18.7	15.9—16.8	26.8	19.2	16.6	28.7
總醣	Carbohydrate	56.7	53.0	44.6—51.5				

表二：甘藷藤葉氨基酸組成分析

Table 2. Amino acid compositions of sweet potato vine and leaves

克／100克蛋白質 (g/100g Protein)

原料 Source / 氨基酸 amino acids		HP-4 11)	臺農25號 11)	濃縮葉蛋白 LPC 3)	FAO 推薦值 FAO Pattern 13)
異白氨酸	Isoleucine	5.16	4.34	5.85	4.0
白氨酸	Leucine	7.03	9.11	9.90	7.0
離氨酸	Lysine	3.31	4.33	4.00	5.5
甲硫氨酸	Methionine	2.75	2.69	2.04	3.5 (Methionine + Cystine)
胱氨酸	Cystine	0.21	0.17	1.67	
苯丙氨酸	Phenylalanine	5.94	4.63	5.98	6.0
酪氨酸	Tyrosine	2.72	2.36	1.14	
羥丁氨酸	Threonine	4.41	4.54	3.69	4.0
纈氨酸	Valine	9.17	8.95	7.08	5.0
色氨酸	Tryptophan	—	—	1.14	1.0
丙氨酸	Alanine	10.74	9.26		
精氨酸	Arginine	4.21	4.17	5.30	
天門冬氨酸	Aspartic acid	10.46	10.53		
麩氨酸	Glutamic acid	12.32	13.06		
甘氨酸	Glycine	7.35	5.89		
組氨酸	Histidine	3.41	3.34	2.27	
脯氨酸	Proline	5.83	7.34		
絲氨酸	Serine	4.84	4.68		

表三：甘藷藤葉經不同溶媒抽出後各主成分溶出率

Table 3. The extracting ratio of the main components of sweet potato vine and leaves extracted by different solvents

(抽出率 Extracted ratio %)

溶媒 Solvent	濃度 Conc.	粗蛋白質 Crude Protein	灰分 Ash	粗纖維 Crude Fiber	粗脂肪 Crude Fat
水 (Dist. water)		73.97	76.04	14.02	78.08
鹽酸 (HCl)	0.1 M	77.17	91.67	6.10	73.97
	0.01 M	64.16	77.92	10.14	72.13
	0.001 M	63.01	71.43		70.49
醋酸 (CH_3COOH)	0.1 M	72.80	80.68	17.07	78.48
	0.01 M	66.40	76.14	21.46	72.15
	0.001 M	74.80	76.14	15.61	77.22
氫氧化鈉 (NaOH)	0.1 M	66.47	59.74	2.70	70.49
	0.01 M	72.83	74.03	4.05	78.69
	0.001 M	69.60	73.86	27.32	75.95
氨水 (NH_4OH)	0.1 M	75.00	69.88	16.24	78.16
	0.01 M	60.96	71.08	15.74	75.86
	0.001 M	80.26	74.70	6.09	81.61
食鹽 (NaCl)	1.0 M	67.60	59.09	13.17	70.89
	0.1 M	73.25	74.70	17.26	79.31
	0.01 M	75.88	75.90	16.24	80.46

表四：以不同沉澱處理甘藷藤葉蛋白質抽出液後之蛋白質沉澱率

Table 4. The protein precipitability of sweet potato vine and leaves extracted by different solvents and precipitated by different treatments

(蛋白質沉澱率 Protein precipitation rate%)

溶媒 Solvent	沉澱方法 Treatment	自然沉澱 Sedimentation	加酸調至 Adjust to pH4.0	加酸調至 Adjust to pH3.5	加熱至 Heat to 50°C	加熱至 Heat to 80°C
水 (Dist. water)		56.91	58.89	61.79	56.91	55.49
鹽酸 (HCl)	0.1 M	35.62	37.93	39.29	33.79	30.12
	0.01 M	57.84	45.50	49.64	66.49	53.15
	0.001 M	81.28	91.83	93.12	76.97	82.57
醋酸 (CH_3COOH)	0.1 M	31.26	31.98	32.25	31.59	30.49
	0.01 M	47.95	48.37	46.81	49.16	48.73
	0.001 M	40.53	44.65	43.26	40.16	40.53
氫氧化鈉 (NaOH)	0.1 M	10.87	66.35	62.09	9.04	12.09
	0.01 M	67.78	70.79	71.35	67.14	37.54
	0.001 M	54.60	55.50	53.45	53.05	50.34
氨水 (NH_4OH)	0.1 M	30.64	69.77	70.58	25.61	23.27
	0.01 M	88.49	90.72	91.80	92.88	68.27
	0.001 M	35.79	37.05	37.05	34.97	31.48
食鹽 (NaCl)	1.0 M	44.91	38.76	39.88	44.62	44.91
	0.1 M	53.05	51.86	51.50	51.86	46.83
	0.01 M	53.76	55.32	55.66	54.10	47.92

又由表四可知溶媒濃度高達0.1N時，不宜擇加熱法，因有可能使部分蛋白質水解而增加溶解性。

綜合表三與四之結果所得到之LPC回收率示如表五。由此表中可以看出0.001N 鹽酸抽出，調節pH 值至3.0或4.0，與以0.01N 銨水抽出，加熱至50°C等處理方式可得到56.6—58.7%之蛋白質回收率。孫氏[3] 等所得到的甘藷LPC蛋白質回收率約42%。可見以本法抽出甘藷LPC可以提高蛋白質回收量。

將葉蛋白沈澱所得濕泥漿離心乾燥去除水分後即可得到LPC成品。表六所示即不同溶媒及沈澱法所得到的LPC產量。由於蛋白質沈澱時，粗脂肪、灰分、纖維等以不同比率沈澱，因此得到之成品重量各不相同。由表六可以看出，以0.01N銨水抽出，調節pH至3.5或4.0或加熱至 50°C使蛋白質沈澱可以得到最多量的甘藷LPC。

採用加熱法沈澱蛋白質，不只可得到最多量的LPC成品，也是最經濟、簡便及較不污染環境的方法。就甘藷藤葉而言，以0.01N銨水抽出，加熱至50°C沈澱蛋白質爲最佳製造法，其收量達3.78%。小麥、紫雲英、豆藤、向日葵之LPC收量爲0.84～2.88%[6] 。

四、乾燥方法之比較：

將葉蛋白泥漿以風乾法、眞空凍結及溶媒乾燥法等處理後所得產品之一般成分及礦物質組成分析值示如表七及表八。由風乾法所得產品爲暗黑色硬片；經磨粉後仍顯粗糙。眞空凍結脫水乾燥成品爲柔細深綠色粉末，惟吸濕性甚强。溶媒乾燥成品之性狀近似眞空凍結乾燥產品，惟顏色甚淡，這是在使用丙酮抽出水分的同時，脂肪與脂溶性色素如葉綠素及類胡蘿蔔素也一併被溶出之故。

由表七可以看出前二種處理所得之LPC成分十分接近。反之，以丙酮乾燥處理時，粗脂肪含量劇減，葉綠素含量亦呈顯著減少。本法所得產品之粗蛋白質含量一般在35%以上。

由表八所示之礦物質組成中發現風乾法產品之鐵含量偏高，可能源自容器污染。鈉、鉀、鎂含量較藤葉原料呈顯著減少，其原因可能爲此三種元素以水溶性形式存在，不像銅、鐵、鋅、錳等元素能與蛋白質結合，而隨蛋白質一起留存於葉蛋白成品內。

五、甘藷濃縮葉蛋白製造殘渣之組成：

表九所示爲抽取蛋白後之殘渣成分分析。由此表中可見殘渣主要成分爲碳水化合物與粗纖維。纖維的主要構成分亦爲糖類。甘蔗在製糖後所餘蔗渣、蔗髓曾被成功地利用生產葡萄糖，再進一步做酒精醱酵原料，生產生質能源。本品殘渣亦可朝此發展。此外，在殘渣中之粗蛋白質含量降低，進行甲烷（即沼氣）醱酵時比較不會產生大量氨氣，抑制甲烷氣之生成，適合考慮做爲甲烷生產原料。

六、甘藷濃縮葉蛋白之營養價值分析：

由表二甘藷LPC之胺基酸組成分析值可以看出，其Tyrosine量較原料減少而Cystine含量則顯著增加，Lysine含量仍然是不符FAO推薦標準，其餘重要胺基酸均能符合需要。張氏[6] 曾討論 LPC之營養價，提到Larson等用老鼠做實驗，結果顯示LPC缺Methionine與Lysine，尤以 Met. 爲嚴重。而甘藷LPC僅缺乏Lysine與Threonine，而以Lysine較嚴重。他又提到 Duckworth 氏、Waterlow 氏發現各種 LPC 均有良好的營養價，並不比大豆餅或魚餅差。

蛋白質在加工製造過程中可能會與某些物質結合，因而使其消化率降低，而最有可能與蛋白結合的物質爲脂質。因爲LPC都含有破碎葉綠體，故含有多量的葉綠素與脂質。用有機溶劑抽除 LPC 所含之脂質，不但可以改善LPC之顏色，亦可改進其品質。由表七之消化率分析值可以看出，經過溶劑處理之 LPC，其粗脂肪及葉綠素呈顯著減少，消化率則呈少許增加。本試驗中所使用酵素僅 Pepsin，並未使用Pancreatin，因此無法確定以溶劑除去脂質對LPC之消化率所造成之影響。

一般食品中磷含量高而鈣含量低。人類每日需要的磷 、鈣量均各爲 600mg／日，亦即鈣磷比爲 1 ： 1[1] 。然而在目前食物中除部分蔬菜外，僅有牛乳與全魚之鈣磷比近於 1 ， 亦即大多數的食物中均缺乏鈣質。所以一般人每日攝食之營養素中常會缺乏鈣質，尤其是素食者及發育中之嬰、幼兒。由表八之礦物質成分分析中可以看出甘藷莖葉及LPC中均含有多量鈣質，鈣磷比遠大於十，可以說是極

表五：以不同沉澱處理甘藷藤葉蛋白質抽出液後之蛋白質回收率

Table 5. The protein recovery of sweet potato vine and leaves extracted by various solvents and precipitated by different treatments

(蛋白質回收率 Protein recovery ratio%)

溶媒 Solvent \ 沉澱方法 Treatment		自然沉降 Sedimentation	加酸調至 Adjust to pH4.0	加酸調至 Adjust to pH3.5	加熱至 Heat to 50°C	加熱至 Heat to 80°C
水 (Dist. water)		42.10	43.56	45.71	42.10	41.05
鹽酸 (HCl)	0.1 M	27.49	29.27	30.32	26.07	23.24
	0.01 M	37.11	29.19	31.85	42.66	34.10
	0.001 M	51.21	57.86	58.67	48.50	52.02
醋酸 (CH_3COOH)	0.1 M	22.76	23.28	23.24	23.00	22.20
	0.01 M	31.84	32.12	31.08	32.64	32.36
	0.001 M	30.32	33.40	32.36	30.04	30.32
氫氧化鈉 (NaOH)	0.1 M	7.23	44.10	41.27	6.01	8.03
	0.01 M	49.36	51.56	51.97	48.90	27.34
	0.001 M	38.00	38.28	37.20	36.92	35.04
氨水 (NH_4OH)	0.1 M	22.98	52.32	52.94	19.21	17.46
	0.01 M	53.95	55.31	55.96	56.62	41.62
	0.001 M	28.73	29.74	29.74	28.07	25.26
食鹽 (NaCl)	1.0 M	30.36	26.20	26.96	30.16	30.36
	0.1 M	38.86	37.98	37.72	37.98	34.30
	0.01 M	40.79	41.97	42.24	41.05	36.36

表六：以不同溶媒抽出與不同沉澱處理所得到之甘藷藤葉LPC產量

Table 6. The LPC yield of sweet potato vine and leaves extracted by various solvents and precipitated by different treatments

(g LPC 乾重 Dry wt./100g原料鮮重 Fresh sample wt.)

溶媒 Solvent \ 沉澱方法 Treatment		自然沉降 Sedimentation	加酸調至 Adjust to pH4.0	加酸調至 Adjust to pH3.5	加熱至 Heat to 50°C	加熱至 Heat to 80°C
水 (Dist. water)		2.69	3.00	2.68	2.57	2.24
鹽酸 (HCl)	0.1 M	1.67	1.85	1.87	1.59	1.23
	0.01 M	1.73	1.44	1.50	1.94	1.55
	0.001 M	2.26	2.86	2.63	2.20	1.95
醋酸 (CH_3COOH)	0.1 M	1.72	1.73	1.78	1.73	1.65
	0.01 M	2.12	2.15	2.09	2.22	2.07
	0.001 M	2.27	2.50	2.41	2.22	1.92
氫氧化鈉 (NaOH)	0.1 M	0.47	2.34	2.06	0.50	0.48
	0.01 M	2.25	2.43	2.31	2.26	1.10
	0.001 M	2.63	2.73	2.55	2.61	2.11
氨水 (NH_4OH)	0.1 M	1.64	3.33	3.36	1.49	1.22
	0.01 M	3.68	4.01	3.84	3.78	2.52
	0.001 M	2.14	2.28	2.24	2.18	1.64
食鹽 (NaCl)	1.0 M	2.51	2.12	2.13	2.51	2.41
	0.1 M	2.89	2.71	2.67	2.75	2.17
	0.01 M	3.07	3.16	3.03	3.08	2.25

表七：不同乾燥處理之甘藷藤葉濃縮葉蛋白一般成分分析

Table 7. General composition of sweet potato LPC prepared by different dried methods

乾物重 (Dry basis %)

項目 Item \ 來源 Source	濃縮葉蛋白 (Leaf Protein Concentrate) 50°C熱風乾燥 Oven dried	眞空凍結乾燥 Freeze dried	溶劑脫水乾燥 Solvent dehydration	孫氏3) Referance	風乾甘藷藤葉 Air dried stem and leaves
水分 Moisture	4.75	4.50	6.15	7.9	7.32
粗蛋白質 Crude Protein	38.87	35.22	41.10	24.8	17.43
粗脂肪 Crude Fat	12.05	12.10	0.87	5.3	14.62
粗纖維 Crude Fiber	2.49	2.54	1.65	4.8	14.74
灰分 Ash	7.19	6.98	8.24	10.4	11.85
總醣 Carbohydrate	34.65	38.66	41.99	46.8	41.36
葉綠素 Chlorophyll	1.06	1.04	0.21		0.51
消化率 Digestibility	68.58	69.24	69.34		

表八：不同乾燥處理之甘藷藤葉濃縮葉蛋白礦物質成分分析

Table 8. Mineral composition of sweet potato LPC prepared by different dried methods

乾物重 (Dry basis)

項目 Item \ 來源 Source	濃縮葉蛋白 (Leaf Protein Concentrate) 50°C 熱風乾燥 Oven dried	眞空凍結乾燥 Freeze dried	溶劑脫水乾燥 Solvent dehydration	風乾甘藷藤葉 Air dried stem and leaves
磷 P (%)	0.16	0.11	0.15	0.18
鐵 Fe (%)	1.23	0.08	0.09	0.05
鈣 Ca (%)	2.15	2.31	2.40	1.94
鎂 Mg (%)	0.05	0.03	0.03	0.59
鉀 K (%)	0.03	0.02	0.03	2.56
鈉 Na (%)	0.03	0.02	0.02	0.22
銅 Cu (ppm)	51	49	51	32
錳 Mn (ppm)	16	14	13	45
鋅 Zn (ppm)	37	40	33	47
矽 SiO_2 (%)	1.48	1.45	1.38	0.81

表九：製造甘藷藤葉濃縮葉蛋白後之殘渣成分分析

Table 9. The chemical composition of the residue of sweet potato vine and leaves after prepared Leaf Protein Concentrate

乾物重 (Dry basis)

項目 Item	含量Content (%)	項目 Item	含量 Content (%)
水分 Moisture	14.6	磷 P (%)	0.55
灰分 Ash	7.6	鐵 Fe (%)	0.11
粗脂肪 Crude Fat	4.5	鈣 Ca (%)	2.29
粗蛋白質 Crude Protein	9.3	鎂 Mg (%)	0.48
粗纖維 Crude Fiber	29.8	鉀 K (ppm)	810
總醣 Carbohydrate	34.3	鈉 Na (ppm)	50
葉綠素 Chlorophyll	0.22	銅 Cu (ppm)	37
		錳 Mn (ppm)	38
		鋅 Zn (ppm)	29
		矽 SiO_2 (%)	0.82

佳的鈣質營養源。雖然胡蘿蔔葉及其 LPC亦有相同的性質[9]，但胡蘿蔔葉未曾被當作蔬菜食用，不像甘藷葉已被國人視爲蔬菜之一種，容易被接受爲一新興食品。本品因此極具潛力發展成爲高蛋白質及高鈣質之廉價營養食品。

結　論

以切碎、石磨研磨及揉壓法抽取甘藷LPC時，可以克服打漿處理後所產生之膠狀汁液難於過濾的問題。葉蛋白之抽取以使用原料2.5倍量之 0.01N 銨水爲最適宜。雖然加酸調節 pH 值至3.5 或4.0，使蛋白質沈澱，可以得到最大的收量，不過加熱至 50°C 的沈澱法則較爲經濟可行，且較少廢水處理問題。

風乾與眞空凍結乾燥所得之產品其一般成分含量十分接近，粗蛋白質含量在35%以上，粗脂肪12%，纖維約 2.5%，灰分 7 %，葉綠素 1 %，消化率約69%。以丙酮脫水乾燥所得產品外觀性狀近似眞空凍結乾燥成品，惟顏色呈淡綠色，粗脂肪含量減少至0.87%，葉綠素量亦減至 0.2%，反之粗蛋白質量則增加至41%。以溶劑處理LPC成品雖然可以改進品質，但經濟上仍以風乾法較簡便適宜。

除了作爲高蛋白質資源外，本品亦富含微量元素與鈣質，其鈣磷比大於十，爲食物中所少見的高鈣質食品，極適宜發展爲良好的鈣質補充劑。殘渣含有較少量的蛋白質與灰分、而含有較多量的纖維素，適宜作爲纖維質或醣質醱酵原料、生產甲烷或酒精等生質能源。

參考文獻

1.安本教傳 (1983) ：食品のミネラル－特に必須微量元素の營養有効性について。食品加工技術 3 (1)， 46—55

2.林禮輝 (1984) ：瓊蔴濃縮葉蛋白之抽取試驗。中華農業研究33(2)，159—168

3.孫超財、曾秀月、盧景鐘、張爲憲 (1979) ： 由臺灣可供應的植物原料製造濃縮葉蛋白之研究。中國農業化學會誌17 (1 — 2) ，78—92

4.陳烱松 (1976) ：農藝副產物之飼料利用與改進。科學農業24 (7 — 8) ，293—306

5.臺灣省農業試驗所66年年報 P.78

6.張爲憲 (1971) ：濃縮葉蛋白。食品工業 3 (2)， 9 —18

7.張爲憲 (1975) ：蛋白食品之資源與加工。食品工業 7 (7)，17—28

8.張爲憲等 (1972) ：臺灣食品成份表。第三次增訂本，食品工業硏究所硏究報告第 24號，食品工業研究所，新竹

9.劉廷英、楊瑞森 (1979) ：埃及三葉草、甘藷藤、胡蘿蔔葉及燕麥濃縮葉蛋白抽取之研究。科學發展月刊 7 (10) 1016—1021

10.劉慧瑛 (1986) ：中華農業研究35(1)，63—80

11.鄭心嫻 (1978) ：甘藷塊根與莖葉之蛋白質及胺基酸組成。中華農業研究27(4)，291—295

12. Arnon, D. I. (1949): Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Pl. Physiol. 24, 1-15.

13. WHO (1973): "Energy and Protein Requirements" p. 63 WHO Technical Report Series No. 522, WHO/UN Geneva, Switzerland.

Study on the Leaf Protein Concentrate from Sweet Potato[1]

L. F. Lin and H. Y. Liu[2]

Summary

The vine and leaves of sweet potato is a traditional swine feedstuff in China ; also the young leaves is used as vegetable. No toxic material existed in that had been reported. So, the Leaf Protein Concentrate made from sweet potato is supposed to be more safety than other plants.

By using the method of crushing, stone milling and pressing the fresh or air-dried vine and leaves with 2.5 fold (v/w) 0.01N ammonia water to extracting leaf protein, that could get over the problem of filtration caused by gelatineous material, and the extracting efficiency was best. Adjusting the pH of extract to 3.5 or 4.0 with HCl could get the maximum LPC yield, so did the treatment of heating extract to 50°C.

Air dried and freezed vacuum dried LPC had the similiar composition and dense green color. Crude protein content was about 35%, crude fat 12%, crude fiber 2.5%, ash 7%, chlorophyll 1% and pepsin digestibility 69%. The product with acetone dehydration had simillar characters as the freezed vacuum dried one, except its color was pale green , the crude fat content decreased to 0.87%, chlorophyll diminished to 0.2%. But the protein content increased to 41%.

The LPC sweet potato was not only abundant in protein but also was full of calcium (about 2%). So it could be a good Ca and protein supplementary food.

---

1. Contribution No. 1338 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant agricultural chemist and agricultural chemist, respectively. Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan, 41301, ROC.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 36(2): 216~221 (1987)

Mycoplasma-like Organisms Associated With Witches' Broom of Wild Balsam Pear in Taiwan[1]

I-Lang Yang[2], Moh-Jih Chen and Shuang-Ming Wang[3]

Abstract: The witches' broom disease on wild balsam pear was newly found in an isolated areas near Shui-li, Nan-tou county in the central Taiwan in 1984. The diseased plants showed typical witches' broom symptoms comprising bushy little leaves, green flowers and abnormal conical shoots. Numerous pleomorphic bodies, characteristic of mycoplasma-like organisms (MLO), were observed in veinal sieve elements of the diseased leaves under electron microscopy. They were spherical, ovoid or ellipsoidal about 110 to 740 nm in diameter. No such MLO bodies were found in the healthy plant. The stem and leaf sections were observed directly under a reflecting fluorescence microscope and also examined under light microscope after treatment with Dienes' stain. The specific yellow fluorescence and blue staining reaction were noticed in affected phloem cells, but no such reactions were detected in those of healthy. The results revealed the presence of MLOs in the sieve elements were in accord with what observed under electron microscopy. We suggest an MLO etiology for the witches'broom of wild balsam pear.

Introduction

The wild balsam pear (*Momordica* spp.) is distributed in Nantou county in the central Taiwan. The witches' broom disease on wild balsam pear was found to be severe in some isolated areas near Shui-li by the first author, in 1984. The diseased plants produced numerous little leaves, phylloid blossoms and abnormal conical shoots (Fig. 1). The symptoms were similar to those described for other plant witches' broom diseases due to mycoplasma-like organisms (MLOs) (1,2,5,8,10,11). Recently, a simple method of detecting MLOs in plant tissues based on the use of Dienes' stain and reflecting fluorescence has been described (3,7). The witches' broom disease on wild balsam pear was observed only in an isolated area and has not been reported by any author in the world. We attempted to clarify the disease etiology by electron, light and reflecting-fluorescence microscopy.

---

1. Contribution No. 1339 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Plant pathologist, Department of Plant pathology, TARI. Wufeng 41301, Taiwan, R. O. C.

3. Professor and Assistant, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.

Materials and Methods

Electron Microscopy

Small pieces of both healthy and infected wild balsam pear leaves containing veinal tissues were fixed in 5% glutaraldehyde in 0.1M phosphate buffer, pH 7.0, at 4°C, for two hrs. They were rinsed and post-fixed in 1% osmium tetroxide at 4°C for two hrs. Following fixation, the tissue pieces were dehydrated in 2, 2-dimethoxypropane, treated with propylene oxide, and embedded in LX112 epoxy resin (4). Ultrathin sections were cut with a glass knife fixed on a Leitz's Fernandez-Moran type ultramicrotome. The thin sections were then double-stained with uranyl acetate and lead tertrate (6) and examined under JEM-200CX electron microscope.

Light Microscopy

Hand sections of stems and leaf veins were prepared from both healthy and infected plants and placed in distilled water. The sections were then transferred to Dienes' stain. After 10 min, the stain was withdrawn and replaced with distilled water (3). After further washing in distilled water, the sections were mounted in water and examined in an Olympus-Vanox type light microscope (9). Both longitudinal and transverse sections were examined.

Reflecting fluorescence microscopy

Small pieces of stems and leaves of both healthy and witches' broom diseased wild balsam pear plants were fixed in 2% glutaraldehyde in 0.1M phosphate buffer (pH7.0). Free-hand sections of fixed or fresh stems and leaf veins were prepared from both healthy and diseased plants, and observed under a reflecting fluorescence microscope (Ziess Standard XBO-75W) as described by Namba *et. al.* (7)

Graft transmission

The true seeds of wild balsam pear were sown in pots and cultivated in green house. Twenty-eight healthy seedlings were used as stocks for grafting tests, and top-workings were made by grafting with diseased scions collected from field. The results of symptom developments of those graft-inoculated plants were observed about a half year in green house.

Results and Discussion

Electron microscopic observation of tissue from witches' broom diseased plants of wild balsam pear revealed the presence of numerous pleomorphic bodies resembling mycoplasmas in the phloem cells. These bodies were not found in the healthy leaves. The pleomorphic bodies had a distinct external membrane, and varied in size and concentration in the sieve elements (Fig. 2). The mature bodies were filled with ribosomes and net-like strands in the cytoplasm and were spherical, ovoid or ellipsoidal (1). The spherical bodies had a diameter from 110 to 740 nm. The large variation in the number and size of these MLO bodies in host cells have also been observed for other MLO-associated diseases (1,2,5,11).

Under light microscope, the sections of stems and leaf veins of diseased plants sh-

owed a bright turquoise blue color in the xylem and a pale purplish blue color in the cortex. The phloem of healthy sections remained unstained. The phloem of infected sections contained regularly distributed areas stained blue (Fig. 3). The reaction appeared to be well correlated to the electron microscopic observations in that the MLO bodies were phloem-limited. In this study Dienes' stain showed a high specificity to plant MLO. Evidently, the staining method can conveniently be used to determine the distribution, and development of MLOs in infected plants [3].

Direct fluorescence microscopy of tissue sections from diseased plants showed a distinctly bright yellow of greenish yellow color in the phloem cells, a yellow, yellowish green or green color in the vessel well, a pale green or yellow color in the cortex and a red or reddish brown color in the chloroplasts under different filter combinations. The specific bright yellow fluorescence was observed in the cytoplasm of affected phloem cells only (Fig. 4). No such fluorescence was observed in the phloem tissues of healthy plants. Accordingly, the observed phloem reaction was specific to the MLO infection of diseased plants. This result indicates that a phloem-limited MLO etiology may be involved [7].

In grafting tests, diseased wild balsam pear used as inoculum-scions were graft-inoculated to 28 healthy wild balsam pear seedlings, Six out of 28 grafted scions sprouted, and the 6 inoculated plants successfully developed green flower and typical witches' broom symptoms. The results confirmed that the wild balsam pear witches' broom disease was graft-transmissible and was similar to other plants infected with MLOs. The etiological relations among witches' broom diseases of wild balsam pear, balsam pear and loofah are not known [2,10]. Those etiological relations deserve further research attention.

The morphological structures and the localization of the pleomorphic bodies in diseased wild balsam pear plants and their specific reaction with Dienes' stain and fluorescence and the results of graft-inoculation and symptom expression, were similar to those previously found in other plants infected with MLOs [1,2,3,5,7,9,10,11]. Our results suggest a mycoplasma etiology for the wild balsam pear witches' broom disease. Recently, we are making the protoplast culture of MLO-diseased phloem cells, and attempt to clarify the morphology of MLOs in single cell-wall free phloem cell and to confirm the specificity and etiological relations of Dienes' stain and reflecting fluorescence to these MLO agents.

Literature Cited

1. Chen, M. J. 1979. Electron microscopic observations of several plant-infecting mycoplasma-like organisms in Taiwan. Plant Prot. Bul. (Taiwan, R. O. C.) 21, 25-36.
2. Chou, T. G., S. J. Yang and P. Y. Huang. 1976. Mycoplasma-like bodies observed in the plants of bottle gourd, chayote and balsam-pear with witches' broom in Taiwan. Plant Dis. Reptr., 60, 378-380.
3. Deeley, J., W. A. Stevens and R. T. V. Fox. 1979. Use of Dienes' stain to detcet plant diseases induced by mycoplasma-like organisms, Phytopathology, 69, 1169-1171.

4. Luft, J. H. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. J. Biophys. Biochem. Cytol., 9, 409-414.

5. Maramorosch, K., R. R. Gronados and H. Hirumi. 1970. Mycoplasma diseases of plants and insects. Adv. Vrius Res. 16, 135-193.

6. Millonig, G. 1961. A modified procedure for lead staining of thin section. J. Biophys. Biochem. Cytol., 11, 736-739.

7. Namba, S., S. Yamashita, Y. Doi and K. Yora. 1981. Direct fluorescence detection method (DFD method) for diagnosing yellows type virus diseases and mycoplasma diseases of plants. Ann. Phytopath. Soc. Japan, 47, 258-263.

8. Shikata, E. 1972. Plant diseases due to mycoplasma-like organisms found in foreign countries. Plant Protection, Japan 26, 184-189. (in Japanese.)

9. Yang, I. L. 1982. Light microscopic observations of several yellows diseased plants in Taiwan. Natl. Sci. Counc. Monthly, R. O. C. 10, 57-62. (in Chinese with English summary.)

10. Yang, I. L. 1986. Symptom expression of loofah witches' broom and three other plant witches' broom agents in periwinkle. Proc. Natl. Sci. Counc. B. ROC. 10. 75-77.

11. Yang, I. L., M. J. Chen and S. M. Wang. 1984. Mycoplasma-like organism associated with witches' broom of *Ipomoea triloba* L. in Taiwan. Proc. Natl. Sci. Counc. B. R. O. C. 8, 193-197.

Explanation of plates

Fig. 1. The witches' broom-diseased plants of wild balsam pear showing bushy little leaves (A), and the healthy plant with normal leaves, flowers and fruits (B).

Fig. 2. Cross-sections of leaf veins of witches' broom diseased wild balsam pear showing numerous pleomorphic mycoplasma-like bodies in a sieve cells. Bar in figure indicates 0.3μm.
Cw : cell wall. M : mycoplasma-like bodies. SP : sieve pore.

Fig. 3. Light micrographs of transverse sections of witches' broom-diseased wild balsam pear treated with Dienes' stain. A section containing MLOs in the phloem cells (P) stained distinctly blue. P : phloem cells. V : vessel wall.

Fig. 4. Fluorescence microphotographs of vascular bundles of witches' broom-diseased wild balsam pear. Specific fluorescence reaction was observed in the phloem cells of diseased plants. S : specific fluorescence, P : phloem cells, V : vessel cells, C : chloroplasts.

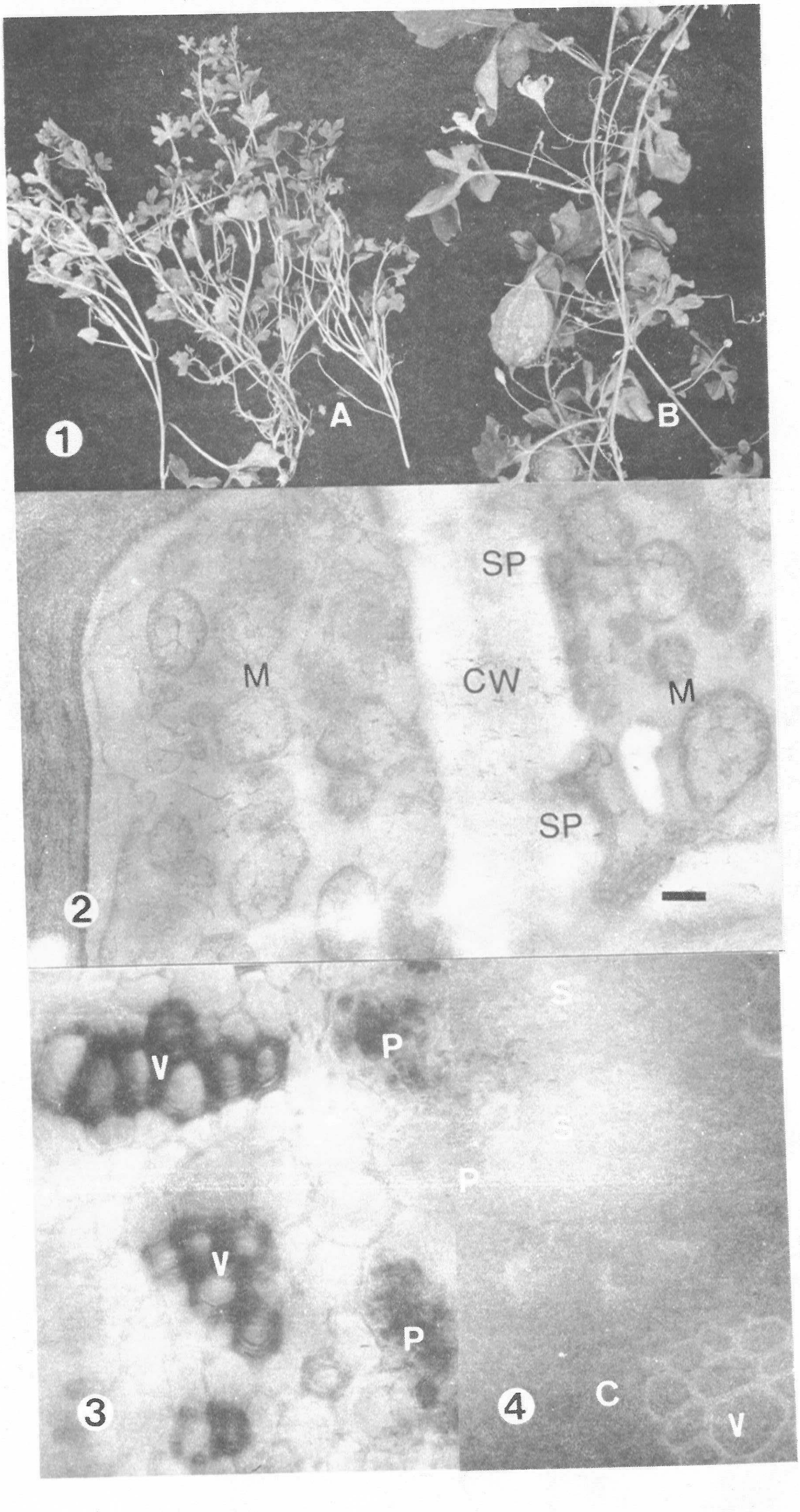
臺灣野苦瓜簇葉病之擬菌質體病原[1]

楊一郎[2] 陳脉紀 王雙明[3]

摘 要

臺灣之野苦瓜簇葉病 (Wild balsam pear witches' broom)，係第一作者於1984年，在南投水里地區發現之新病害。病株叢生小葉、異常分蘖 、 綠化花，顯現典型簇葉病徵 。 田間採集之病株葉脈組織超薄切片之電子顯微鏡觀察結果 ， 篩管細胞內有多數多形性擬菌質體 (mycoplasma-like organisms) 存在，呈球形、橢圓形及圓形等大小不同之各種形態，直徑約 110-740nm。健全株則沒有擬菌質體。病株莖葉徒手切片，經 Dienes' stain 染色， 並以光學顯微鏡觀察，結果在罹病篩管細胞內，顯現專一性藍色之 Dienes' stain 染色反應，健株者則無此反應。另將病組織徒手切片，直接以反射型螢光顯微鏡觀察結果，在篩管細胞，呈現顯著特殊螢光反應，這些特殊螢光反應局限於篩管組織，健全株之篩管組織則無此反應。上述專一性反應表示其擬菌質體之存在，其存在位置及數量與電子顯微鏡觀察結果相似。以上結果顯示擬菌質體似爲野苦瓜簇葉病之病原。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1339 號。
2.本所植病系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3.國立中興大學教授及助教。臺灣省 臺中市。


1
A
B
2
SP
M
CW
M
SP
3
V
P
V
P
S
S
P
4
C
V

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 36 (2) : 222～227 (1987)

胡瓜園瓜實蠅之棲羣密度與爲害關係研究[1]

溫 宏 治[2]

摘要 胡瓜瓜實大小與受瓜實蠅爲害情形，無論就被害瓜率，被害瓜之產卵孔數或篩出之蛹數比較，均以中等瓜（重 0.2～0.59kg）爲最顯著。於六處胡瓜園試驗結果，求得瓜園內瓜實蠅之誘殺蟲數（x）與鄰近作物上誘殺蟲數（Y_1）間之相關方程式爲 $Y_1=4.77x+0.68$（$r=0.81$）與被害瓜率（Y_2）相關方程式爲 $Y_2=0.57x+3.21$（$r=0.79$），與每公斤被害瓜篩出之蛹數（Y_3）相關方程式爲 $Y_3=2.24x+29.01$（$r=0.83$），與每50個被害瓜產卵孔數（Y_4）相關方程式爲 $Y_4=0.78x+73.07$（$r=0.55$）。胡瓜園內瓜實蠅之棲羣密度由開花期逐漸增加，至瓜實成熟期達最高峰，鄰近作物上瓜實蠅之棲羣密度則由結瓜期逐漸增加，至採收後期達高峰。瓜園全面噴施福木松33%乳劑、力拔山50%乳劑及大滅松44%乳劑等均能顯著的降低瓜實蠅密度及被害瓜率。

瓜實蠅（*Dacus cucurbitae* coquillett）俗稱瓜果蠅、瓜蠅、瓜蜂仔，屬於雙翅目（Diptera）、環裂羣（Cyclorrhapha），裂額亞目（Schizophora）、無瓣類（Acalyptratae）、果實蠅科（Trypetidae）、果實蠅亞科（Dacinae）。爲胡蘆科瓜果類之主要害蟲，多分佈於熱帶及亞熱帶地區[1,2,5,8]。本省南部栽培之瓜類相當多，產量很豐。除供自給外，尚有大量可資外銷。但由於瓜實蠅爲害，不但降低產量及品質，且足影響外銷。瓜實蠅平時棲於其他作物或果樹上，僅在產卵期才飛臨瓜園，由於其活動範圍廣，棲宿作物複雜，防治頗不易[3,7]。據筆者1983年在本省高屛地區調查胡瓜受害情形，被害瓜率平均最高可達35.97%，顯見該蟲至今仍甚猖獗[4]。本試驗目的主要探討胡瓜園內瓜實蠅棲羣密度之變動，與瓜果被害情形，受產卵孔數，篩出之蛹數間之關係及瓜園不同生長期間瓜實蠅之變動，藉供防治與進一步研究之參考。

材料及方法

一、胡瓜大小與被害瓜率，產卵孔數及化蛹數之比較

73年4－6月於高雄縣大寮鄉設胡瓜園4處，每處瓜園面積 $10\times20m^2$，謝花後停止噴施殺蟲劑，爲考慮產卵機會均等，謝花後約20日將所有被害瓜摘除，其餘健全瓜受產卵一週後調查，調查時依瓜重量～0.1，0.1～0.29，0.3～0.39、0.4～0.49，0.5～0.59、0.6～0.69、0.7～0.79、0.8～0.89、0.9～kg 分成10個等級，分別記錄受害瓜數及其受產卵孔數，並將被害瓜依各等級分別置入化蛹沙盆作化蛹數調查。

二、田間瓜實蠅棲羣密度與被害瓜率、被害瓜產卵孔數及化蛹數之關係

73年9～11月於高雄縣鳥松鄉，屛東縣九如鄉及里港鄉共設置胡瓜園6處，每處瓜園面積20×20

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1340 號。本報告承行政院農委會補助（74農建—4.1—產植—57（1），中興大學劉教授玉章斧正，試驗進行中承臺灣大學朱教授耀沂及本分所李主任錫山諸多指數，並獲國科會 75年度研究獎助金，謹誌謝忱。

2.本分所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。臺灣省 高雄縣 鳳山市。

m² ，開花時起於園中間及鄰近作物上各設置一誘殺器（內沾 Cuelure+DDVP 20：1），每10日補充藥液及計算誘殺蟲數一次，並於謝花後20、30及40日分別調查中等瓜（0.3～0.6kg）之被害瓜數及其產卵孔數，調查畢每處瓜園採取被害瓜50個，置入化蛹盆作化蛹數調查。

三、瓜實蠅於胡瓜園及鄰近作物上之棲羣變動

74年6～9月於屏東縣九如鄉及里港鄉選定胡瓜園4處，每處瓜園面積不等，分別爲20×25m², 15×50m², 30×40m² 及 15×40m²，每處瓜園鄰近作物面積分別爲蓮霧園 50×60m²、竹林40×45 m²、蓮霧園 50×60m² 及楊桃園 40×50m²。瓜苗定植後一週即在瓜園及鄰近作物園中央各設置誘殺器一個（內沾 Cuelure+Dibrom 20：1），每10日醮吸藥液及計算誘殺蟲數一次，一直至胡瓜採收、廢耕止。

四、化學防治對瓜實蠅田間密度、被害瓜率及化蛹數之影響。

72年8～10月於屏東縣九如鄉及里港鄉定植胡瓜園4處，每處面積 15×20m²，分別爲4處理，即1.芬殺松50乳劑1,000倍，2.福木松33%乳劑1,000倍，3.大滅松44%乳劑1,000倍，4.對照組（不施藥處理），於結瓜初期開始施藥，施藥前各園摘除瓜實一次，使瓜實生長一致，每隔10日噴藥一次，連續3次。並於各瓜園中央設置一誘殺器（內沾 Cuelure+DDVP 20：1），每隔10日補充藥液及計算誘殺蟲數一次，於第3次噴藥後10日隔畦調查被害瓜果，將被害瓜置入化蛹沙盆作化蛹數調查。

結果與討論

一、胡瓜大小與被害瓜率，產卵孔數及化蛹數之比較

不同大小之胡瓜受瓜實蠅爲害程度均不一致，如表一所示其被害率均以幼小及中等瓜佔最多數，近成熟瓜反而較少，探討此差異，可能與瓜皮之厚薄有關，幼小及中等瓜之瓜皮較薄，瓜實蠅容易產卵，而近成熟瓜之瓜皮組織老化且較堅硬，故不易產卵。筆者曾於胡瓜及絲瓜田採收後期，觀察瓜實蠅之卵大部份被產於老熟瓜之表面或瓜果裂縫中，彼時已無幼小，中等瓜果可供產卵，顯見老熟瓜之瓜皮可阻礙瓜實蠅之產卵。由不同大小瓜果受瓜實蠅爲害情形比較，幼小和中等瓜之被害率均與近成

表1. 胡瓜果實大小與受瓜實蠅爲害率、產卵孔數及化蛹數之比較（73年4－6月）

Table 1. The comparsion among the percentage of infestation, holes of oviposition and number of pupa on the different size of cucumber which damaged by melon fly (1984 4—6)

Weight of cucumber (kg)	% of melons infested [a]	Holes of oviposition/ cucumber	No. of pupa/ cucumber
—0.1	42.98c	1.11a	1.97a
0.1 — 0.19	78.81e	1.08a	3.29a
0.2 — 0.29	53.92d	1.92b	15.98b
0.3 — 0.39	56.96d	2.01b	33.34c
0.4 — 0.49	61.66d	2.18b	46.14d
0.5 — 0.59	43.38c	2.20b	39.37cd
0.6 — 0.69	17.98b	1.03a	19.91b
0.7 — 0.79	7.18a	1a	5.75a
0.8 — 0.89	2.40a	1a	1.99a
0.9 —	0	0	0

a) Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

熟瓜有顯著性差異，瓜重由 0.2～0.49kg範圍內之中等瓜則無顯著性差異。由被害瓜產卵孔數比較，幼小與成熟瓜之產卵孔數較少且其間無顯著性差異，而中等瓜之產卵孔數不但較前二者多且差異顯著。如以被害瓜之蛹數比較，仍以中等被害瓜所篩出之蛹數最多，此蓋與受產卵次數較多所致，然而中等瓜彼此間產卵孔數無顯著性差異，爲何篩出之蛹數却有差異，可能因爲每個產卵孔之卵數不盡相同所致。

由整個關係觀之，無論由被害瓜率，被害瓜之產卵孔數或篩出之蛹數比較，均以中等瓜（0.2～0.59kg）最顯著，且瓜果彼此間之被害瓜率及產卵孔數差異較少。

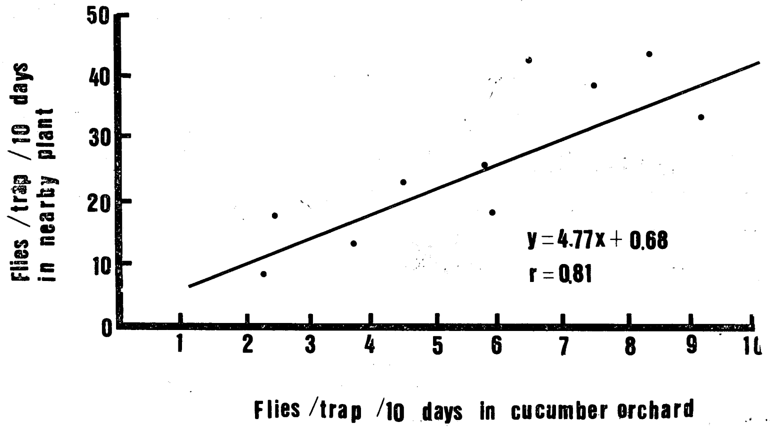


圖1．胡瓜園與鄰近作物上誘殺瓜蠅實數之相關係

Fig 1. The relationship of the number of melon flies caught in cucumber orchard and abyner plant

二、田間瓜實蠅誘殺數與被害瓜率，被害瓜產卵孔數及化蛹數之關係

胡瓜園與鄰近作物上瓜實蠅之棲羣密度變動，最主要受氣候及瓜之生產季節影響最大，其他如瓜田之結構改變，管理與噴藥次數及棲息作物之大小、濃密、修剪與噴藥否……等均可左右其棲羣密度。然而鄰近作物上之瓜實蠅原先大部份來自瓜田中，而瓜田中之瓜實蠅晝間大部份由鄰近作物上飛來，夜間又返回鄰近作物上，如此循環不息，可謂關係密切，由 6 處胡瓜園與鄰近作物上連續誘殺瓜實蠅結果，求得於胡瓜園與鄰近作物上之誘殺瓜實蠅數相關方程式爲 $y=4.77x+0.68$ ($r=0.81$) 顯見其間，有正相關關係存在。至於胡瓜園瓜實蠅誘殺蟲數與被害瓜率之關係，理論上田間瓜實蠅之棲羣

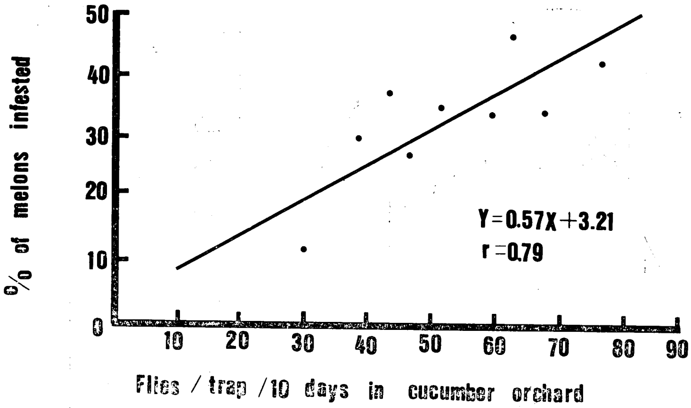


圖2．胡瓜園誘殺瓜實蠅數與被害瓜率之關係

Fig 2. The relationship of between the number of melon flies caught and percentage of melons infested in cucumber orchard

密度愈高，被害瓜率亦應隨著增加，然而因瓜園面積、瓜果大小、數量之不一致，受害程度亦會不一致。由調查結果求得胡瓜園瓜實蠅誘殺數與被害瓜率之相關方程式爲 $y=0.57x+3.21$ $(r=0.79)$ 其間仍有正相關係存在。複由瓜園瓜實蠅誘殺數與被害瓜篩出之蛹數比較其關係，求得其間相關方程式爲$y=2.24x+29.01$ $(r=0.83)$，其相關性相當顯著。至於由瓜園瓜實蠅誘殺數與被害瓜產卵孔數比較，求得其相關方程式爲 $y=0.78x+73.07$ $(r=0.55)$，其相關性顯然較少。

三、瓜實蠅於胡瓜園及鄰近作物之棲羣變動

由4處胡瓜園調查結果（如圖5），苗期所誘殺到之蟲數每試區均極少，由開花期均逐漸增加，至成熟期達最高峰，概苗植株小，又無遮陰，附近作物上之瓜實蠅很少來此活動，待瓜株開花長大後，概有較多之食物可供覓食及遮陰效果下，逐漸飛來此活動，故所誘殺到之蟲數逐漸增加，至結果期密度大增。鄰近作物上所誘殺到之瓜實蠅數均比瓜田中多，顯見瓜田附近作物爲瓜實蠅活動主要場所，其誘殺到之瓜實蠅均由結瓜期逐漸增加，於瓜成熟期密度大增，至採收後期其密度仍不斷增加，其

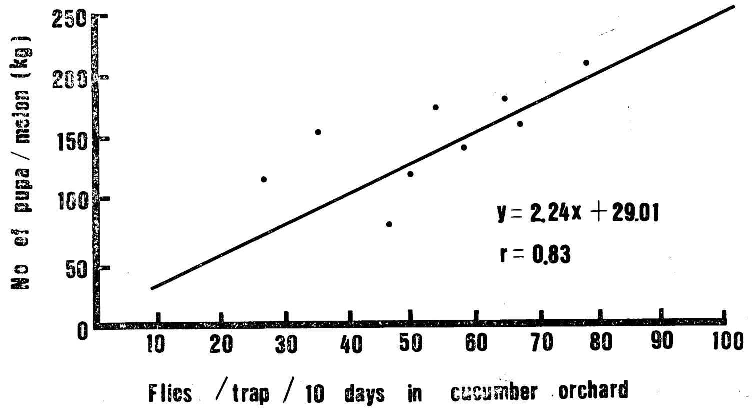


圖3. 胡瓜園誘殺瓜實蠅數與被害瓜蛹數之關係

Fig 3. The relationship between the number of melon flies caught and pupae from damaged melon in cucumber orchard

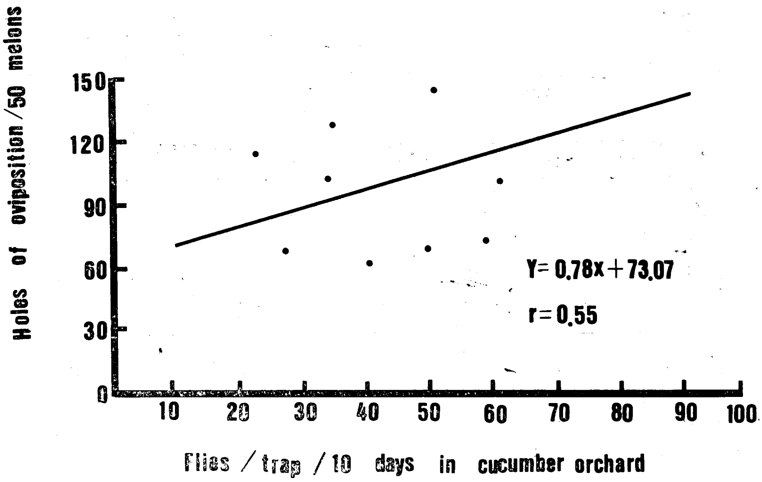


圖4.胡瓜園誘殺瓜實蠅數與被害瓜產卵孔數之關係

Fig 4. The relationship between the number of melon flies caught and holes of oviposition on damaged melon in cucumber orchard

因係瓜田廢耕後農民習慣性把殘留於瓜蔓上之被害瓜，擲入或埋入畦內，瓜實蠅幼蟲可直接入土化蛹，數日後瓜實蠅成蟲陸續羽化而出，飛至鄰近作物上棲息，因而密度有略增之現象。

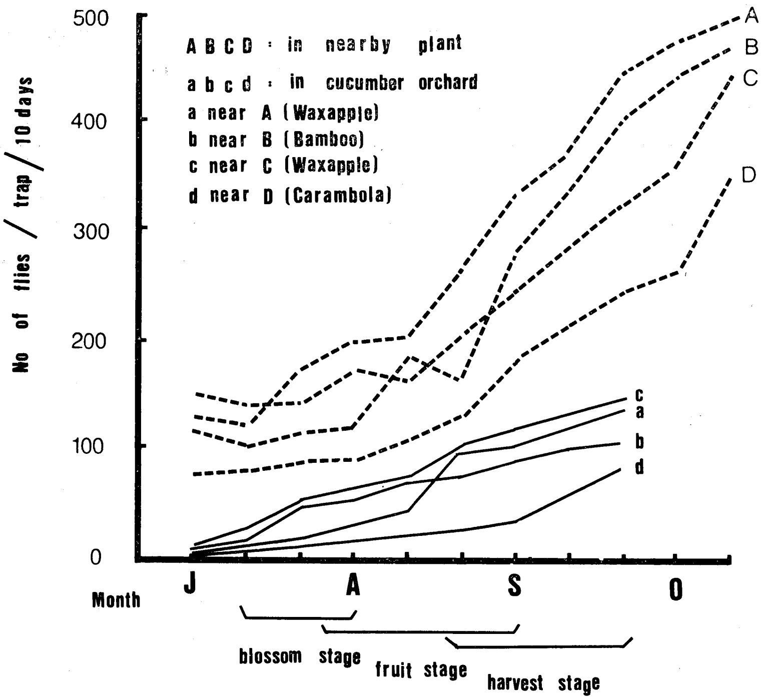


圖5. 瓜實蠅於胡瓜園及鄰近作物上之棲羣變動（74年6月一9月）

Fig 5. The population fluctuation of melon fly in cucumber orchard and nearby plant (1985. 6~9)

四、化學防治對瓜實蠅田間密度，被害瓜率及蛹數之影響

由試驗結果（如表2）得悉 Fenthion 50% EC. Formothion 33% EC 及 Dimethoate 44% EC 對瓜實蠅均具防治效果，施藥處理區瓜實蠅之密度顯然下降，可見彼等藥劑施用對瓜實蠅產生强大殺傷力或拒避作用，在瓜田瓜實蠅密度顯著降低下，被害瓜率及由被害瓜篩出之蛹數均顯著的減少。

表2. 化學防治對瓜實蠅田間密度、被害瓜率及化蛹數之影響（72年8一10月）

Table 2. The effect of chemical control on the population density of melon fly, percentage of infestation and number of pupa (1983 8~10)

Treatment	Flies/trap				% of infestation	No. of pupa/cucumber (kg)
	1st	2nd	3rd	total		
1. Fenthion 50% EC 1 : 1000	13	20	17	50	5.14	43.22
2. Formothion 33% EC 1 : 1000	15	22	26	63	4.33	33.26
3. Dimethoate 44% EC 1 : 1000	8	10	16	34	2.94	38.77
4. C. K.	56	87	103	246	87.33	262.32

參考文獻

1.方敏男、章加寶。1984。臺灣中部地區瓜實蠅發生消長與爲害調查。植保會刊26（3）：241—248。
2.李錫山。1972。瓜實蠅之生態研究。植保會刊14（4）：175—182。
3.邱輝宗、左大同。1982。果實蠅科之生物學。屏東農專植保會報4：75—90。
4.溫宏治。1985。臺灣南部瓜實蠅之田間生態與誘殺研究。中華農業研究34（2）：228—235。
5.劉玉章、章加寶。1980。瓜蠅之實驗生態學。昆蟲學會會報15（1）：234—270。
6.蘇智勇。1984。瓜蠅之生態及其防治。臺灣省政府農林廳所屬各場所73年度農業試驗工作報告。
7. Christenson, L. D. and R. H. Fotte. 1960. Biology of fruit flies. Ann. Rev. Entomol. 5 : 171-192.
8. Nishida, T. and H. A. Bess. 1950, Applied ecology in melon fly control. J. Econ. Entomol., 143(6) : 877-883.

Studies on the Relationship between the Population Density of Melon Fly (*Dacus cucurbitae* Coquillett) and Infestation in Cucumber Orchard[1]

Hung-chich Wen[2]

Summary

The midsize cucumber (0.2-0.59kg/fruit) which damaged by melon fly was conspicuously abundant with holes of oviposition and the number of pupa. The main experiment of relationship was tested in six cucumber orchards. Results indicated the regression equation between the number of melon fly caught in cucumber orchard (x) and nearby plant (y_1) was $y_1=4.77x+0.68$ ($r=0.81$), x and the percentage of melons infestation which caused by melon fly (y_2) was $y_2=0.57x+3.21$ ($r=0.79$), x and the number of pupae per Kg of damaged melon (y_3) was $y_3=2.24x+29.01$ ($r=0.83$), x and holes of oviposition per 50 melons which laid eggs by melon fly (y_4) was $y_4=0.78x+73.07$ ($r=0.55$).

The population density of melon fly in cucumber orchard increased from blossom stage and maximized at the harvest stage; In nearby plant, it increased from fruit stage to later harvest.

The population density of melon fly and percentage of infestation can be decreased conspicuously, if sprayed insecticide such as Formothion 33% EC or Fenthion 50% EC or Dimethoate 44%EC on whole cucumber orchard.

---

1. Contribution No. 1340 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant entomologist, Department of plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI, Fengshan city, Kaohsiung Hsien, Taiwan, R. O. C.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 36(2) : 228～236 (1987)

The Induction and the Mechanism of SN72129 Resistance in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.)

Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao, and Doun-feng Lin

Abstract: SN72129 resistance has been induced in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), by consecutive LC_{75} selection in the laboratory. The Taiwan native susceptible strain developed 12 fold resistance after 14-18 generations of selection. No significant resistance had built up in the first 8 generations, then the resistance doubled every 4 to 5 generations.

The SN72129-resistant diamondback moth was tested with organophosphorus, synthetic pyrethroids, carbamate and tertiary amine insecticides. No significant cross resistance was found, and only minor cross effects were observed for phenthoate, carbofuran, and deltamethrin.

In the resistance mechanism investigation, the esterases and hydrolases were excluded from the study because the SN72129 molecule was not subjected to the action of those enzymes. The mixed function oxidases are most likely to be the enzymes that are responsible for the detoxication of SN72129. Topical application of SN72129/synergist/acetone combinations on the resistant third instar diamondback moth larvae produced synergistic ratios of 1.87 and 2.65 for piperonyl butoxide and 4-chloro-1-naphthyl propargyl ether. The test by adding the synergists into the regular SN72129 spray had better results. The resistance ratio of 11.70 to SN72129 was lowered to 8.22, 5.26, and 2.45 by MGK264, piperonyl butoxide, and 4-chloro-1-naphthyl propargyl ether respectively. Obviously, 4-chloro-1-naphthyl propargyl ether is the strongest synergist among three synergists for SN72129. By increasing the piperonyl butoxide to 10 : 1 and 20 : 1 in the mixture, the SN72129 resistance can be lowered further.

The above evidence indicates that the diamondback moth has the ability to develop a unique SN72129 resistance after a latent selection period, and the mixed function oxidase is the main factor in detoxifying the SN72129 in the resistant diamondback moth larvae.

---

1. Contribution No. 1341 from TARI, and this study is supported by NSC grant 75-0409-B055-10.
2. Thanks due to Schering Company for supplying the experimental insecticide SN72129.
3. Senior entomologist, research assistant, and project assistant respectively, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, Republic of China.

Introduction

The experimental thiazole insecticide, SN72129, has been proven of its effectiveness on the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). The SN72129 demonstrates itself a rather unique insecticidal action from other traditional insecticides and encounters with no cross resistance from all existing resistances [4]. However, it is questionable that how the diamondback moth (DBM) react under the longterm exposure of SN72129. Can the DBM generate resistance toward the SN72129 ? If this is possible, then how fast the resistance will appear and to what extend ? Furthermore, what is the possible mechanism for the new resistance, and will other insecticides be affected by its cross effect ? For better understanding of the above questions, we have conducted the SN72129 resistance selection, and once a SN72129-resistant DBM strain is obtained, many aspects of this new resistance can be investigated in details.

Materials and methods

Chemical: The SN72129 was supplied by the Schering AG as 50% w/w wettable powder. Pure SN72129 was isolated from the wettable powder and used in the topical test. Piperonyl butoxide (PB) was purchased from the Tokyo Kasie; MGK264 was a gift from Cheng-hong Chemical Co. Ltd ; 4-chloro-1-naphthyl propargyl ether (PE) was obtained from the Union Carbide. Commercially formulated mevinphos, phenthoate, profenofos, prothiophos, carbofuran, cartap, deltamethrin, and permethrin were used for the cross resistance test.

Insects: The I-lan and Lu-chu strains of DBM were subjected to the SN72129 selections. Both strains were similar in their original SN72129 susceptibility except that the former is more susceptible to other insecticides than the latter [1]. The SN72129-selected I-lan strain and the parental I-lan strain are then used in the synergistic effect and cross effect tests as the resistant and susceptible strains respectively.

Experimental procedures : The late 3rd instar DBM larvae were treated with SN72129 and the survived individuals were collected for propagating the next generation. The selection pressure was set at 75% and the required LC_{75} dosage was re-determined in every succeeding generation on 100-200 early emerged DBM larvae of that particular generation. The change of selection pressure (LC_{75} in ppm) from generation to generation was counted as the induction rate for resistance. The actual resistance to SN72129 was carefully determined until significant change was noticed, i.e., 14 generations for the I-lan strain and 12 for the Lu-chu strain.

The synergistic effects of PB, PE, and MGK264 were tested by either adding the synergists into the regular SN72129 spray or incorporating the synergists into the acetone solution of purified SN72129. The regular spray was carried out by a Burkard spray tower, whereas the topical application was performed by using the microapplicator.

The mortality of all treatments were counted 24 hours after the treatment; the post-treatment holding temperature and relative humidity were controlled at 25±1°C and 85±10% respectively.

Results

1. Induction of SN72129 resistance

The SN72129 resistance had been successfully induced in both the I-lan and Lu-chu strains of DBM by consecutive LC_{75} selections. The SN72129 resistance induction in the I-lan strain is illustrated in Figure 1 by graphing the needed changes of LC_{75} for

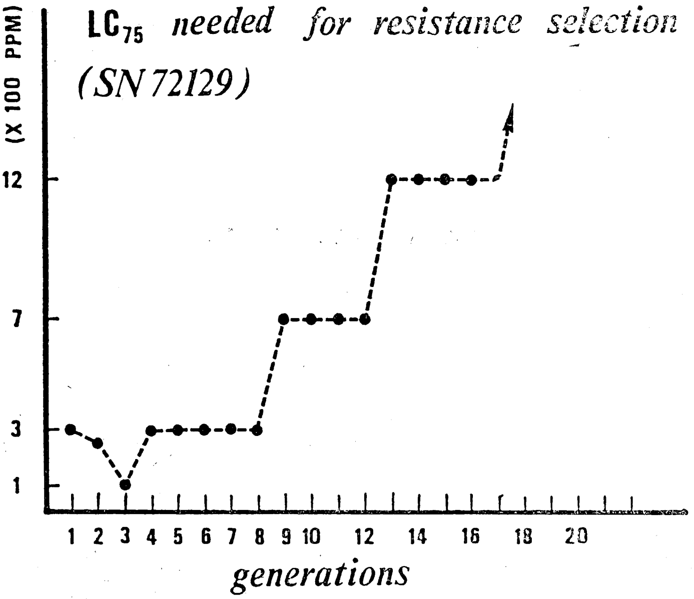


Fig. 1. The dosage increase curve of SN72129 resistance selection in the I-lan strain diamond-back moth, selection pressure=75% mortality.

succeeding selections. After 14 generations of selections, the I-lan strain gained 11.7 fold resistance. The build-up of this SN72129 insensitivity is rather non-significant in the first 8 generations, and the resistance then appeared almost doubled every 4-5 generations. Meanwhile, the Lu-chu strain developed 6 fold resistance after 12 selections. The resulted LC_{50} were 521.9 and 635ppm for the I-lan and Lu-chu strains respectively, and the comparison of their probit lines are shown in Figure 2(a) and 2(b). Continual increase of resistance is possible upon more selections.

2. Synergistic effects of MFO inhibitors

In order to counter the SN72129 resistance and probe the possible role of MFO in regard to this newly developed resistance, we have tested the synergistic effects of PB, PE, and MGK264. The first part of the test was carried out topically with the SN72129/synergist combination in acetone solution. The resistance ratio was merely 2.15 (Table 1) in contrast to 11.70 in the regular spray test (Table 2). By the help of synergists, the resistant DBM had recovered their susceptibility to SN72129 and the synergistic ratios were 1.87 and 2.65 for PB and PE respectively (Table 1). The differences of both the

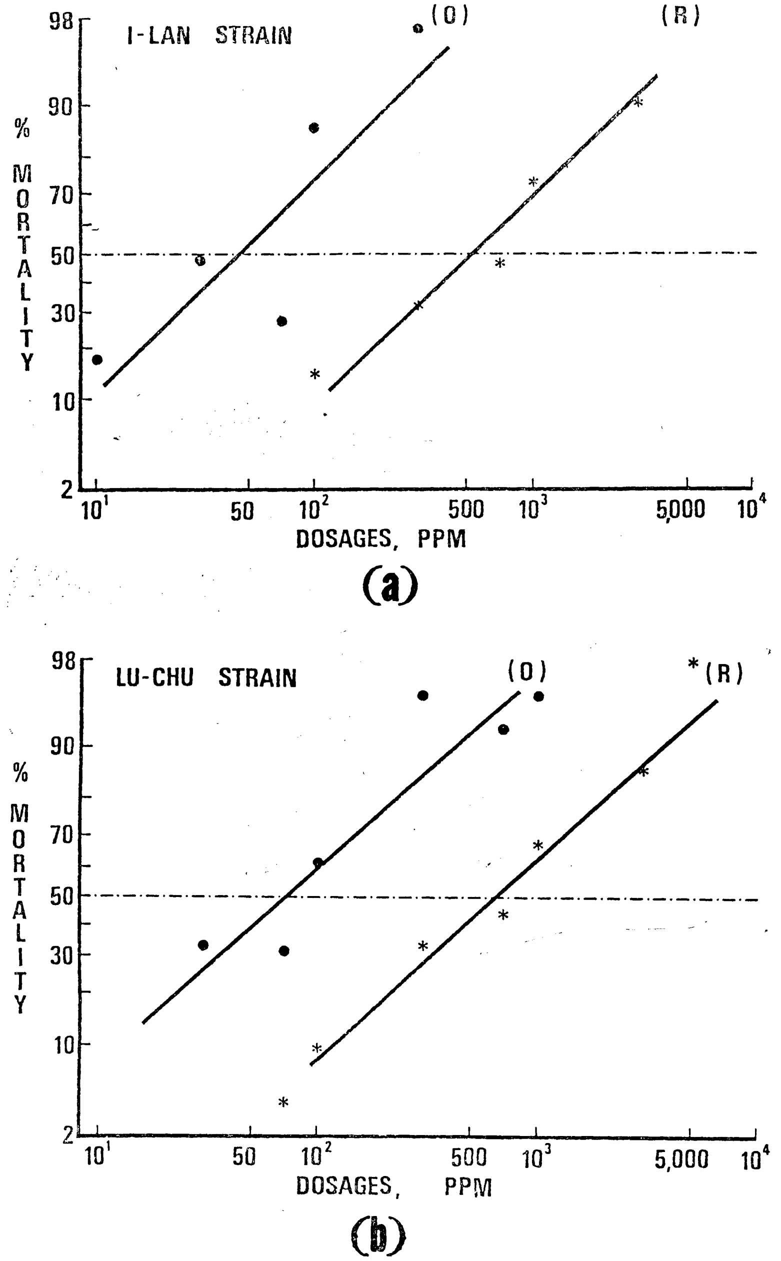


Fig. 2. The induction of SN72129 resistance of I-lan and Lu-chu strains of DBM
(O) : original strain, (R) : resistant strain.

resistance ratio and synergistic ratio were too little to demonstrate the significance of possible MFO metabolism of SN72129.

The second test was carried out by incorporating the synergists into the regular SN72129 spray and the results are shown in Table 2. For the SN72129-selected strain, the resistance ratio stood at 11.70 and could be lowered to 5.26, 8.22, and 2.45 by the synergistic action of PB, MGK264, and PE respectively. The synergistic ratios

Table 1. The synergistic effects of piperonyl butoxide (PB) and 4-chloro-1-naphthyl propargyl ether (PE) on the susceptible and resistant diamondback moths, determined by topical application method.

Treatment	LD_{50}* in ng/(Slope)/(Synergistic ratio)		R. R. **
	Susceptible DBM	Resistant DBM	
SN72129 only	13.3ng/(0.78)/(--)	28.5ng/(0.59)/(--)	2.15
PB+SN72129(5 : 1)	10.8ng/(0.79)/(1.23)	15.3ng/(0.70)/(1.87)	1.42
PE+SN72129(5 : 1)	11.8ng/(0.65)/(1.13)	10.8ng/(0.57)/(2.65)	0.92

*LD_{50} in ng a.i. of SN72129 in acetone/larva **R. R. : resistance ratio

Table 2. The synergistic effect of MGK264, PB, and PE on the susceptible and resistant diamondback moth, determined by spray tower method.

Treatment	LC_{50}* in ppm/(Slope)/(Synergistic ratio)		R. R. **
	Susceptible DBM	Resistant DBM	
SN72129 only	44.6ppm/(0.79)/(--)	521.9ppm/(0.90)/(--)	11.70
PB+SN72129 (5 : 1)	46.1ppm/(1.45)/(0.97)	242.5ppm/(1.02)/(2.15)	5.26
(10 : 1)	Not tested	95.9ppm/(1.45)/(5.44)	—
(20 : 1)	Not tested	49.9ppm/(1.06)/(10.5)	—
MGK+SN72129(5 : 1)	34.8ppm/(0.88)/(1.28)	285.9ppm/(1.39)/(1.83)	8.22
PE+SN72129(5 : 1)	20.5ppm/(1.09)/(2.17)	50.3ppm/(2.11)/(10.4)	2.45

*LC_{50} in ppm a.i. of SN72129 as wettable powder in water. **R. R. : resistance ratio

were 2.15, 1.83, and 10.4 for PB, MGK264, and PE respectively. By increasing the ratio of PB to SN72129 to 10 : 1 and 20 : 1, the SN72129 resistance can be lowered. The results clearly demonstrated that the MFO is actively involved in the SN72129 metabolism in resistant DBM.

3. Cross resistance to other insecticides

The susceptibilities of the SN72129-resistant DBM and the parental I-lan strain of DBM to 4 organophosphorus compounds, 2 synthetic pyrethroids, one carbamate, and one tertiary amine insecticide are compared in Table 3. In general, there is no significant cross effect among the SN72129 and other insecticides. Only slight reduction of the susceptibilities to phenthoate, carbofuran, and deltamethrin were noticed. Nevertheless, the susceptibilities of SN72129-resistant DBM toward mevinphos, profenofos, prothiophos, cartap, and permethrin remained unchanged.

4. Possible entry route of SN72129 in the DBM

When applying the SN72129 on the DBM, we had noticed that topical application

Table 3. Test for cross resistance of SN72129-resistant diamondback moth to other insecticides.

Insecticide	LC_{50} in ppm/(Slope)		R. R.
	Susceptible DBM	Resistant DBM	
SN72129	44.6ppm/(0.79)	521.9ppm/ (0.90)	11.7
Mevinphos	91 ppm/ (1.03)	161 ppm/ (1.01)	1.8
Phenthoate	284ppm/(0.76)	879 ppm/ (1.05)	3.1
Profenofos	367ppm/(0.94)	474 ppm/ (0.96)	1.3
Prothiophos	831ppm/(0.79)	1407ppm/ (0.78)	1.7
Carbofuran	150ppm/(0.57)	343 ppm/ (0.49)	2.3
Cartap	431ppm/(0.71)	551 ppm/ (0.51)	1.3
Deltamethrin	26.2ppm/(0.62)	62.4ppm/ (0.59)	2.4
Permethrin	98.0ppm/(1.18)	77.7 ppm/ (0.97)	0.8

did not give distinct lethal action as compare to the regular spray method. For this reason, a more detailed investigation concentrated on how the DBM was intoxicated by the SN72129 was conducted. Four different treatments were compared after we had discovered that the cabbage leaf sprayed with 1ml of 300ppm SN72129 was enough to kill the DBM (Table 4), and they were (1) SN72129 sprayed on leaf only, (2)

Table 4. The mortality of DBM by SN72129 via different intoxication treatments.

Sprayed object	Conc. (ppm)	Mortality (%)	Number of DBM larvae tested
First test			
Leaf only	300	95	20
	100	61	18
	70	32	19
	0	0	20
Second test			
Leaf only	300	70	43
Insects only	300	8	53
Petri dish only	300	44	36
Leaf and insects	300	72	25
	0	0	12

sprayed on the DBM larvae only, (3) sprayed on petri dish, and (4) sprayed on leaf with the DBM larvae on it. In treatment (1) and (3), the DBM larvae were transferred

onto the leaf or petri dish later for the intoxication test. The results in Table 4 indicate that the DBM larvae were not killed by contact of SN72129, but rather by feeding of SN72129 on the vegetable leaves. Although the DBM larvae crawling on the pre-treated petri dish resulted in some lethal effect, it was suspected that feeding of fine SN72129 particles had caused the death of insects. Therefore, the DBM larvae were tested again by sealing their mouth parts with wax to prevent the ingestion of SN72129. The data in Table 5 had confirmed our speculation. The DBM larvae with their mouth parts sealed showed no mortality at all, whereas the DBM crawling on the SN72129-treated petri dish without sealing their mouth parts had the same mortality as those fed on the SN72129 sprayed leaves.

Table 5. Comparison of DBM mortality by different SN72129 treatments on vegetable leaf or crawling surface.

Sprayed object	Conc. (ppm)	Mortality (%)	Number of DBM larvae tested
Leaf only	10,000	100.0	39
Petri dish only			
DBM mouth parts sealed	10,000	8.3	36
DBM mouth parts not sealed	10,000	100.0	31
No insecticide spray			
DBM mouth parts sealed	0	9.1	11
DBM mouth parts not sealed	0	0.0	20

Discussion

The successful induction of SN72129 resistance in the DBM has once again demonstrated that the DBM have the ability to adapt themselves to the presence of xenochemical pressure. Unlike the resistance induction for other insecticides (2,3,5), the SN72129 resistance did not appear in the beginning of the selection. The resistance appeared only after 8 generations of selection. The MFO of the DBM did not metabolize the SN72129 very well and it took a long time to activate proper MFO for the above purpose. Whether the LC_{75} had provided enough pressure in selection is a question remain to be answered. The Lu-chu strain of DBM did not show faster or higher resistance coincident with the previous finding that no cross resistance was found from other insecticides (4).

Several synergists were successful in countering the SN72129 resistance hence, indicates the MFO metabolism is the main mechanism. The finding fits with the conclusion of von Keyserlingk that the selectivity of SN72129 to different insects is related to the species-specific MFO activities (6). In the DBM, the common mixing ratio of 5 : 1 of synergist: insecticide was not enough for PB, and had to be raised to 10 : 1 or 20 : 1 for effective synergistic action. The digestive absorption might be the reason for the failure of PB at 5 : 1 ratio. The intoxication route test revealed that the

DBM had to ingest the SN72129 for the lethal effect, whereas the synergist test also indicated that feeding method resulted in more pronounced mortality than that of topical application. So far, it is not clear whether the metabolism of SN72129 occurs in the epithelium of digestive tract or in the haemolymph, but the subject is rather interesting for further study.

Since the independence of the lethal action of SN72129 and the resistance from other insecticides had been confirmed, the thiazoles can be used in alternating with other insecticides to relieve the resistance problem in the future.

References

1. Cheng, E. Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) II. A general survey (1980-81). J. Agric. Res. China 33 : 285-293.
2. Cheng, E. Y., T. M. Chou, and C. H. Kao. 1984. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) V. The induction, cross resistance and glutathione-S-transferase in relation to mevinphos resistance. J. Agric. Res. China 33 : 73-80.
3. Cheng, E. Y., T. M. Chou, and C. H. Kao. 1985. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) VI. An experimental analysis of organophosphorus and synthetic pyrethroid resistances. J. Agric. Res. China 34 : 96-104.
4. Cheng, E. Y., C. H. Kao, and T. M. Chou. 1984. The thiazoles, a new class of insecticide for the control of resistant diamondback moth. J. Agric. Res. China 33 : 418-423.
5. Chou, T. M. and E. Y. Cheng. 1983. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) III. The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. J. Agric. Res. China 32 : 146-154.
6. Von Keyserlingk, H. C. 1986. The physiological basis for the selectivity of the novel insecticide SN72129. Pestic. Science 17 : 67-69.

SN72129汰選小菜蛾抗性及其抗性機制之研究[1]

鄭 允 高靜華 林瑞方[2]

摘 要

以試驗代號爲 SN72129 的 Thiazoles 類殺蟲劑於室內連續汰選小菜蛾，發現本省的感性小菜蛾在汰選14代之後，可得到12倍的抗藥性。此抗藥性在汰選初期發生極緩慢，第8代抗性開始上升，平均每4－5代提高約一倍。以有機磷、合成除蟲菊精、氨基甲酸鹽及有機氯等殺蟲劑測試抗SN72-129 小菜蛾對常用藥劑的感度，結果僅賽達松、加保扶及第滅寧有輕微之交互抗性產生。添加協力劑於SN72129測試其對小菜蛾之效果時發現，小菜蛾三齡幼蟲行表面施藥時，添加PB及PE分別有1.87及2.65倍的協力作用；若以噴施葉面餵食的方式，則PB、PE及MGK 264分別有5.26、2.45及8.22倍的協力效果，顯見多功能氧化酵素（mixedfunction oxidases）爲小菜蛾抗 SN72129的重要因子。

以上各項結果顯示，長期使用 SN72129 後，小菜蛾會產生抗藥性，而此抗性小菜蛾體內對 SN 72129 發生之解毒作用，係誘發出可解毒的多功能氧化酵素，此一新誘發之氧化酵素並不對其他殺蟲劑發生交互抗性。

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第 1341 號。本計畫承國科會補助（計畫編號 75-0409-B055-10）；簡淑貝、盧燕鈴協助工作，僅此一併致謝。

2.本所應用動物系研究員、研究助理及計畫助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 36(2) : 237~238 (1987)

A New Record of Bulb Mite, *Rhizoglyphus setosus*[1] Manson, (Acarina : Acaridae) from Taiwan[2]

Chyi-Chen Ho and Jeng-Shong Chen[2]

Bulb mites were reported to be pests as they attacked the crops with tubers or bulbs (Manson 1972), Most of the bulb mites were identified as *Rhizoglyphus* spp. Many species of the genus and their host plants had been described, such as *R. rhizophagus* (Bald & Jefferson 1952) and *R. echinopus* (Forsberg 1959) infested on gladiolus corms, *R. solani* attacked the seedling roots of onions (Rawlins 1955), *R. echinopus* (Cottier 1956) and *R. hyacinthi* (Miller 1944) were referred as the species capable of attacking practically all kinds of tubers or bulbs, Manson (1972) reported that *R. robini* and *R. echinopus* fed on garlic bulbs, *R. robini* was found to be a pest of onions (Gerson et al. 1985), green onions and lilies (Kuwahara 1986). The symptom after their damage was similar to damping off (Rawlins 1955). The cultivations of green onions and gladiolus in Taiwan meet the problem of the serious infestation by bulb mites which destroy the root system and weaken or even kill the plants. It might also lead secondary infestations by insects, nematodes, fungi and bacteria. The infested tissues of these crops were collected from Tachia, Chingshui, and Houli and brought back to laboratory to separate the mites. *R. setosus* Manson were identified from these mites following the keys of Manson (1972). *R. setosus* was named by Manson in 1972. It differs from the other *Rhizoglyphus* species in that the female has two pairs of anal setae at the posterior end of the anal slit greatly elongated, particularly the inner pair, and the male has two pairs of short post anal setae (Fig. 1). This mite was also found to feed on lilies, leeks, garlic and onions. This mite species was not recorded by Tseng (1982), who studied the acarid mites of Taiwan since 1971. This is the first record of *R. setosus* Manson to be a crop pest as the authors reviewed.

Cited References

Bald, J. G., and R. N. Jefferson. 1952. Injury to gladiolus associated with the root mite, *Rhizoglyhus rhizophagus*. Plant Dis. Repr. 36 : 435-437.

Cottier, W. 1956. Plant Protection in New Zealand. 699pp. Govt Printer, Wellington.

Forsberg, J. L. 1959. Relationship of the bulb mite, *Rhizoglyhus echinopus* to bacterial scab of gladiolus. Phytopathology 49 : 538.

---

1. Contribution No. 1342 from the TaiwanAgricultual Research Institute.
2. Entomologist and Assistant of the Department of Applied Zoology, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, R. O. C.

Gerson, U., S. Yathom, S. Capua, and D. Thorens. 1985. *Rhizoglyhus robini* Claparede (Acari: Astigmata: Acaridae) as a soil mite. Acarologia. 26 : 371–380.

Kuwahara, M. 1986. Resistance of the buld mite, *Rhizoglyhus robini* Claparede (Acarina : Acaridae), to insecticides. I. resistance patterns to organophosphorus insecticides. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 30 : 290–295.

Manson, D. C. M. 1972. A contribution to the study of the genus *Rhizoglyhus* Claparede, 1869 (Acarina: Acaridae). Acarologia. 13 : 621–650.

Miller, D. 1944. Garden pests in New Zealand. 149pp. Whitcombe and Tombs Ltd., New Zealand.

Rawlins, W. A. 1955. *Rhizoglyhus solani*, a pest of onions. J. Econ. Entomol. 48 : 334.

Tseng, Y. H. 1982. A catologue and bibliography of Acari of Taiwan (Arachnida: Acarina). 164 pp. Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, Ministry of Economic Affairs, Taiwan.

壹種臺灣新記錄之根蟎，*Rhizoglyphus setosus* Manson (Acarina : Acaridae)[2]

何琦琛　陳政雄[2]

摘　要

根蟎類 (*Rhizoglyphus* spp.) 是世界性的地下害蟎，其寄主範圍很廣、包括有洋葱、葱、蒜、韮、大蒜百合、唐菖蒲、鳶尾、鬱金香……… 等鱗莖球莖作物。*R. setosus* Manson 是本省第一次發現之根蟎，在大甲的葱、淸水的韮菜和后里的唐菖蒲之鱗莖球莖上已發現有爲害。其特徵亦予描述。

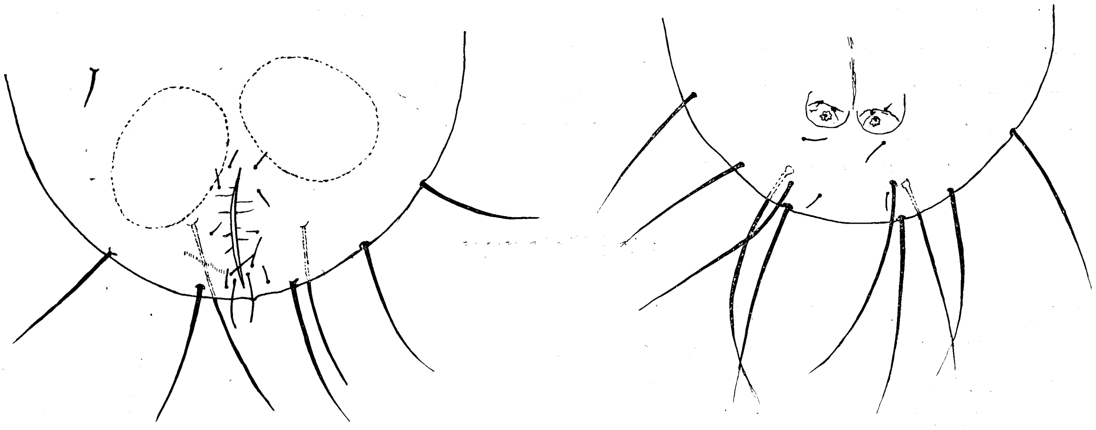


Fig. 1. Posterior ventral view of *Rhizoglyphus setosus* Manson; (A) female, (B) male
圖一、*Rhizoglyphus setosus* Manson 腹面圖；(A) 雌蟎，(B) 雄蟎

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1342 號。
2.本所應用動物系副研究員、助理。　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

Vol. 36, No. 2 June 1987

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Genetic Studies on Larger Kernel of Rice
III. Inheritance of grain yield, biological yield and harvest index ·········· Y. C. Kuo and Ching Liu ··· 125

Genetic Analysis of Fertility Restoration in Cytoplasmic Male Sterile Indica Rice ·········· C. S. Huang, T. H. Tseng and C. G. Chern ··· 137

Yield and Combining Ability of Hybrid Rice ·········· T. H. Tseng and C. S. Huang ··· 151

Changes of TNC and N Concentrations in the Developing Seeds and Pod Wall of Soybeans ·········· C. S. Wang, S. H. Tsao and D. J. Liu ··· 165

The Sequential Distribution of Species in Weed Communities and the Competition between Ration Rice and Weeds ·········· D. C. Shiou and H. P. Wu ··· 173

The Effect of Different Training Methods on Yield of Processing Guara ·········· W. C. Wang ··· 190

Studies on the Components and Utilizations of Carambola ·········· R. C. Yu and W. C. Wang ··· 196

Study on the Leaf Protein Concentrate from Sweet Potato ·········· L. F. Lin and H. Y. Liu ··· 207

Mycoplasma-like Organisms Associated with Witches, Broom of Wild Balsam Pear in Taiwan ·········· I. L. Yang, M. J. Chen and S. M. Wang ··· 216

Studies on the Relationship between the Population Density of Melon Fly (*Dacus* cucurbitae Coquilett) and Infestation in Cucumber Orchard ·········· H. C. Wen ··· 222

The Induction and the Mechanism of SN72129 Resistance in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) ·········· E. Y. Cheng, C. H. Kao and D. F. Lin ··· 228

A New Record of Bulb Mite, *Rhizoglyphus setosus* Manson, (Acarina: Acaridae) from Taiwan ·········· C. C. Ho and J. S. Chen ··· 237

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China

中華郵政中字第○三○九號登記為雜誌交寄